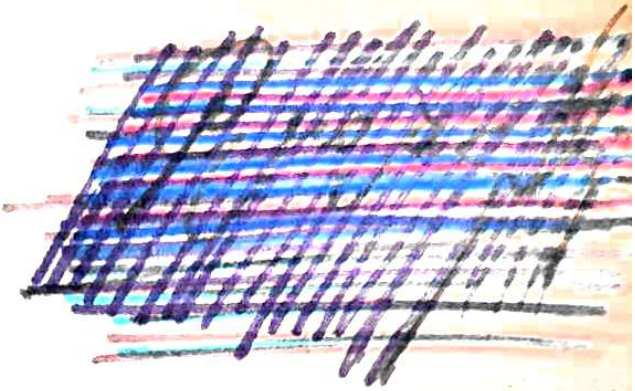
N&T



Prof.Ing.Slavko MACAROL

REKTIFIKACIJA TEODOLITA I NIVELIRA

Izdanje i litografija
STRUČNOG OTSJEKA N.S.O.-e
ZAGREBAČKOG SVEUČILIŠTA
Z a g r e b 1948.

Teodolit

Opis

Teodolit je sprava za mjerenje horizontalnih kuteva.

Ako se njime mogu mjeriti i vertikalni kutevi zove se on univerzalni instrument ili univerzal.

Glavni sastavni djelovi teodolita jesu:

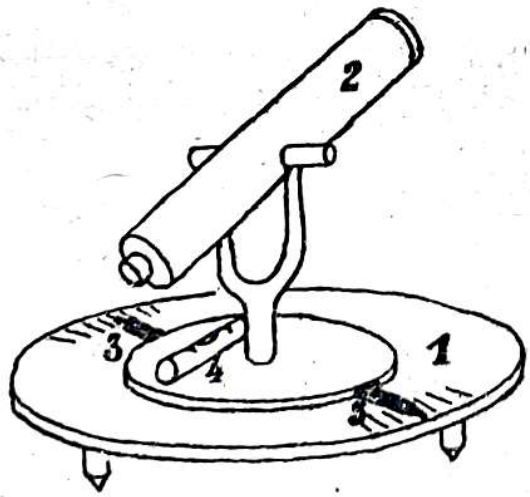
1) horizontalni krug ili horizontalni limb. Oko centra limba okreće se gornji dio teodolita - alhidada - na kojoj se nalaze:

2) sprava za viziranje - durbin

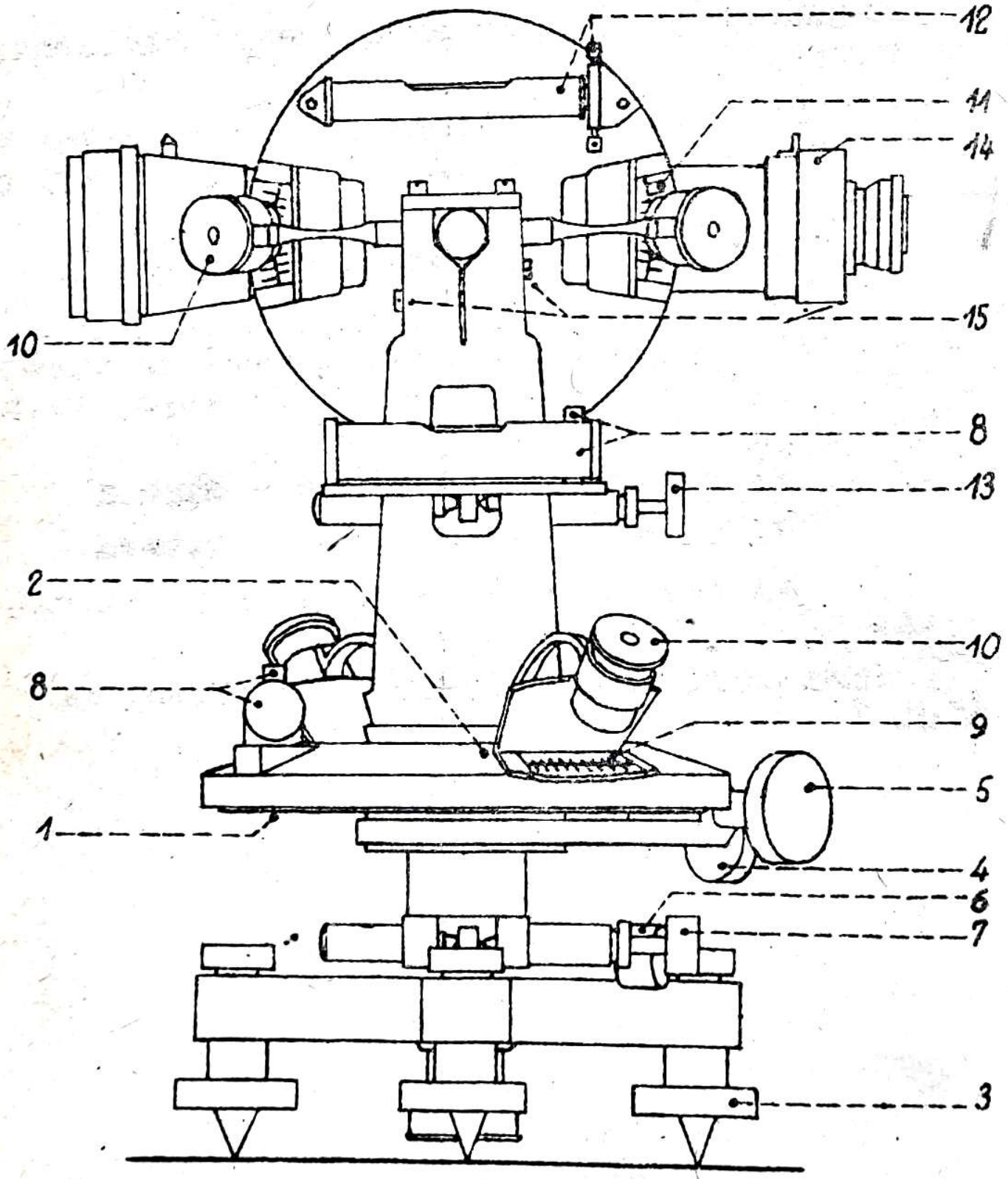
3) indeksi za očitavanje kuteva

4) libele za horizontiranje instrumenta.

Shematski su ti dijelovi prikazani na slici 1.



Slika 1


12
11
14
15
10
8
13
2
10
8
9
5
1
4
6
7
3

1.horizontalni limb
2.alhidada
3.podnožni vijci
4.kočnica alhidade
5.vijak za fino pomicanje alhidade
6.kočnica limba
7.vijak za fino pomicanje limba
(6 i 7 zajedno: repeticioni uredjaj)
8.alhidadne libele sa korekcionim vijcima
9.očitanje horizontalnog kruga
10.lupe za očitavanje krugova
11.očitanje vertikalnog kruga
12.libela vertikalnog kruga sa korekcionim vijcima
13.vijak za fino pomicanje libele
14.zaštitni prsten za vijke nitnog križa
15.vijci za dizanje i spuštanje horizontalne osi

Teodolit stoji na glavi stativa (na koji se postavlja prilikom mjerenja kuteva) na tri noge, koje se dadu produživati i skraćivati pomoću podnožnih vijaka. Njima se teodolit postavlja u horizontalni položaj. Alhidada i durbin imaju kočnice da bi se njihov položaj mogao fiksirati. Kod zakočene alhidade i durbina mogu se alhidada i durbin za male iznose pomicati vijcima za fino pomicanje alhidade i durbina. Kod nekih teodolita-repeticionih teodolita-možemo i limb, obzirom na donji dio sa podnožnim vijcima, pomicati pomoću tzv. repeticionog uredjaja koji se sastoji kod starijih teodolita od vijka za otpuštanje limba i vijka za fino pomicanje limba.

Teodoliti, kojima se mogu mjeriti i vertikalni kutevi snabdjeveni su vertikalnim limbom koji se okreće zajedno sa durbinom,

a indeksi za očitavanje kuteva učvršćeni su na jednom nosaču durbina.

Indeksi se postavljaju u horizontalni položaj pomoću libele vertikalnog kruga i zajedno se sa njome mogu za male iznose pomicati pomoću vijka za fino pomicanje libele.

Svi ovi dijelovi vidljivi su na sl.2.

Sprave za očitavanje limba.

Zajedno sa alhidadom okreće se oko centra limba indeks (jedan ili dva) kojim očitavamo na podjeljenju limba iznos okreta. Očitavanje na limbu vrši se pomoću sprava za očitavanje, od kojih su najobičnije:

1) nonius
2) mikroskop.

Nonius.

Ako imamo neko stanovito podjeljenje ili mjerilo, bez obzira dali je ono ravno ili kružno, i ako na njemu želimo očitavati veličine manje od najmanjih dijelova tog podjeljenja, onda je tom mjerilu pridodano jedno kraće, čiji dijelovi stoje u stanovitom odnosu spram dijelova osnovnog - glavnog mjerila. To se malo mjerilo zove nonius.

Obzirom na odnos dijelova glavnog mjerila i noniusa razlikujemo:

1) pozitivni - istosmjerni nonius
2) negativni - protusmjerni nonius

Označit ćemo sa:

M : najmanji dio glavnog mjerila
N : najmanji dio noniusa .

to će za pozitivni nonius postojati odnos:

$$n \cdot N = (n - 1) M$$

Razlika veličina:

$$M - N = p$$

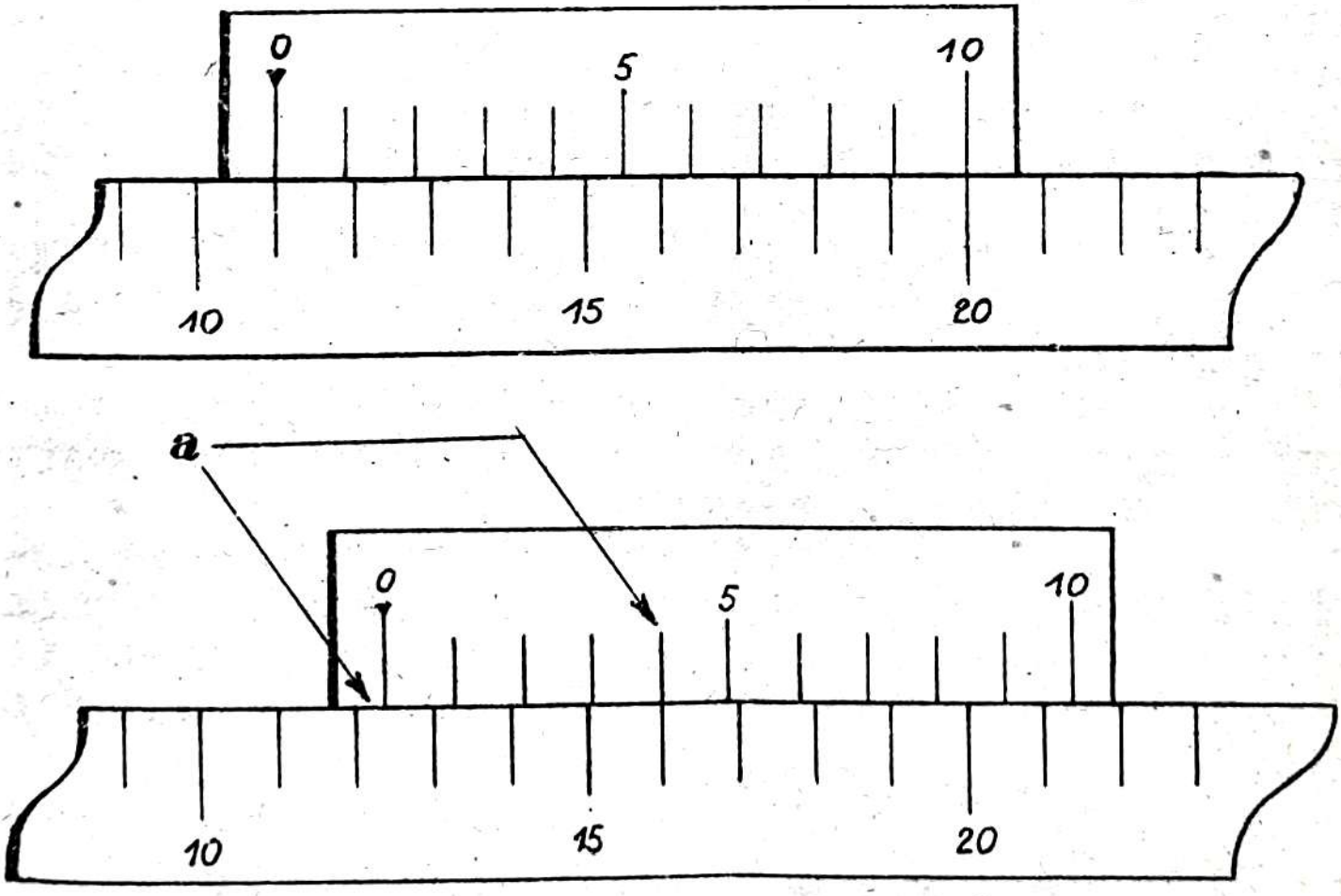
zove se podatak noniusa.

$$N = \frac{n-1}{n} M$$

$$p = M - N = M - \frac{n-1}{n} M = \frac{M}{n}$$

to jest, podatak noniusa je najmanji dio na glavnom mjerilu razdijeljen sa brojem dijelova na noniusu.

Nula ili početak noniusa je onaj indeks, čiji položaj moramo odrediti na glavnom mjerilu. Uzmimo najjednostavniji primjer mjerila sa noniusom, čiji je podatak p=0,1 (slika 3)



Slika 3

Svaki dio noniusa manji je od dijela glavnog mjerila za 0,1. Uzmimo da nonius stoji u položaju prama slici 3. Do indeksa, tj. nule noniusa ima na glavnom mjerilu 12 dijelova i neki dio preko toga. Ovaj dio (na slici a) očitat ćemo pomoću noniusa i to na taj način, da potražimo, koja se crta noniusa poklapa sa crtom glavnog mjerila. U našem slučaju je to 4. crta, a kako je svaki dio noniusa manji od dijela glavnog mjerila, to se izmedju dvanaeste crte glavnog mjerila i nule noniusa nakupilo 4 x o,1 = o,4. Prema tome je dio a velik o,4, a očitanje položaja indeksa na glavnom mjerilu 12,4.

Taj princip čitanja primjenjuje se kod svih noniusa: najprije se na glavnom mjerilu očitaju cijeli dijelovi, pa se onda ustanovi crta noniusa koja se poklapa - koincidira sa nekom crtom glavnog mjerila. Taj se broj dijelova na noniusu od njegovog početka do crte koja koincidira pomnoži sa podatkom noniusa i doda očitanju na glavnom mjerilu.

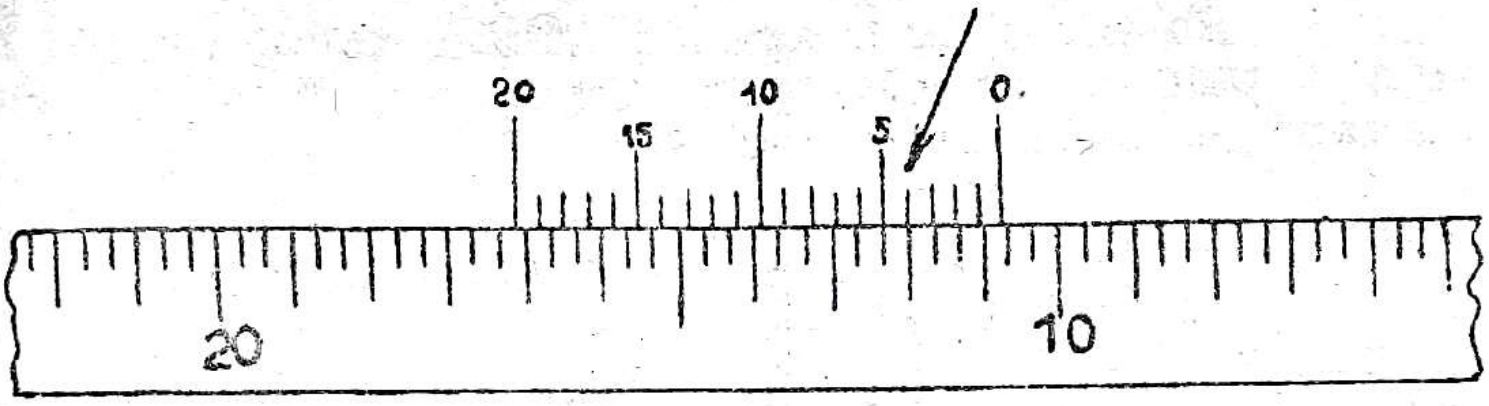
Na strani 11. dani su primjeri očitanja na noniusima, koji kod teodolita najčešće dolaze.

Ovi se noniusi zovu istosmjerni zato, što podjeljenje na noniusu teče u istom smjeru kao i ono glavnog mjerila.

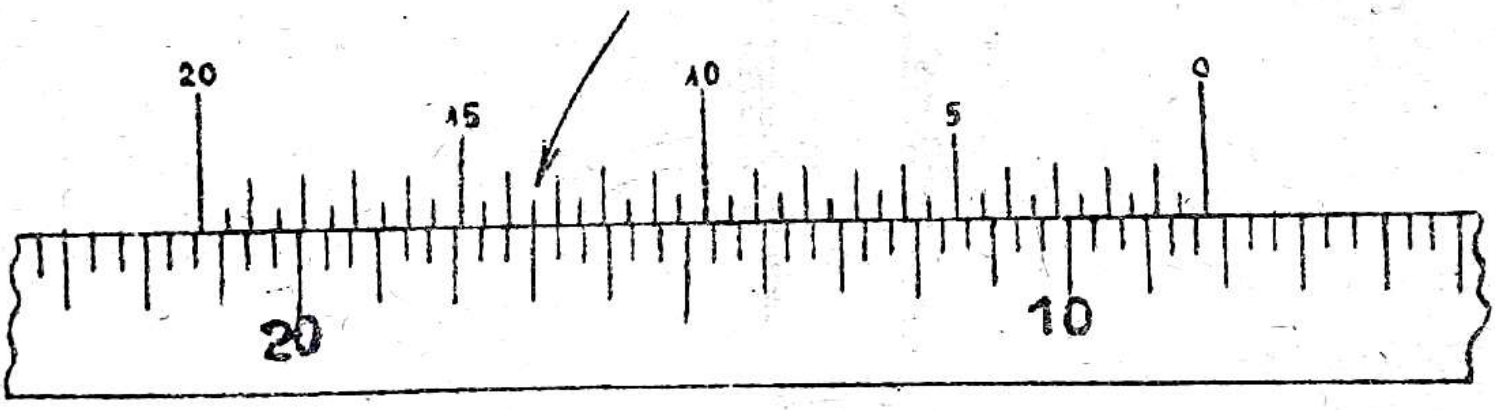
Kod protusmjernog ili negativnog noniusa teče podjeljenje na noniusu u protivnom smjeru od onog na glavnom mjerilu, a odnos izmedju dijelova noniusa i glavnog mjerila je slijedeći:

$$n\,N = (n + 1)\,M$$

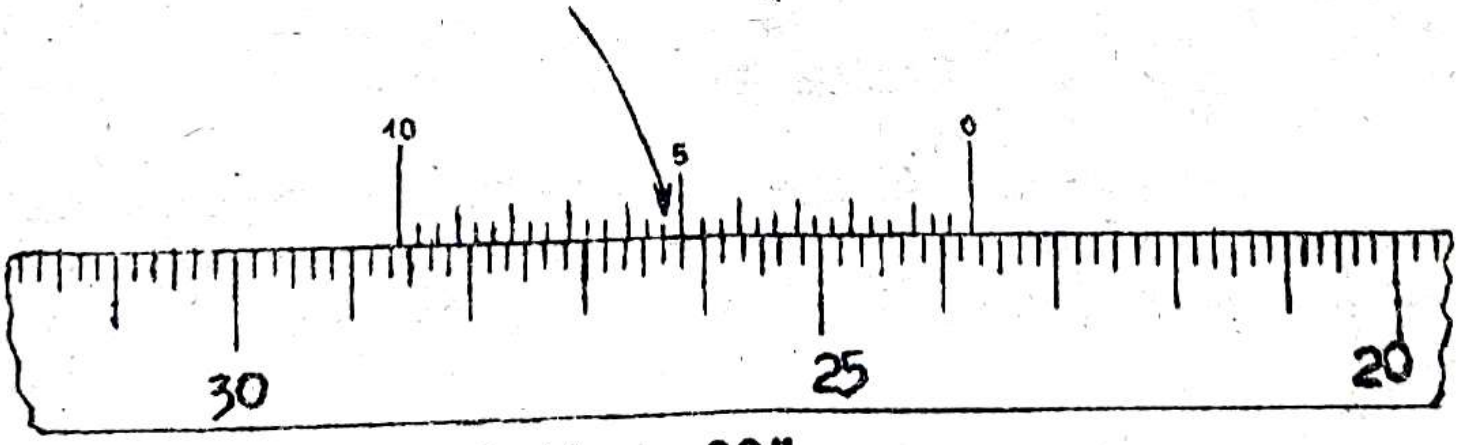
$$p = M - N = M - \frac{n+1}{n} M = -\frac{M}{n}$$



Nonius sa podatkom 1'
Očitanje : 10° 40' + 4' = 10° 44'



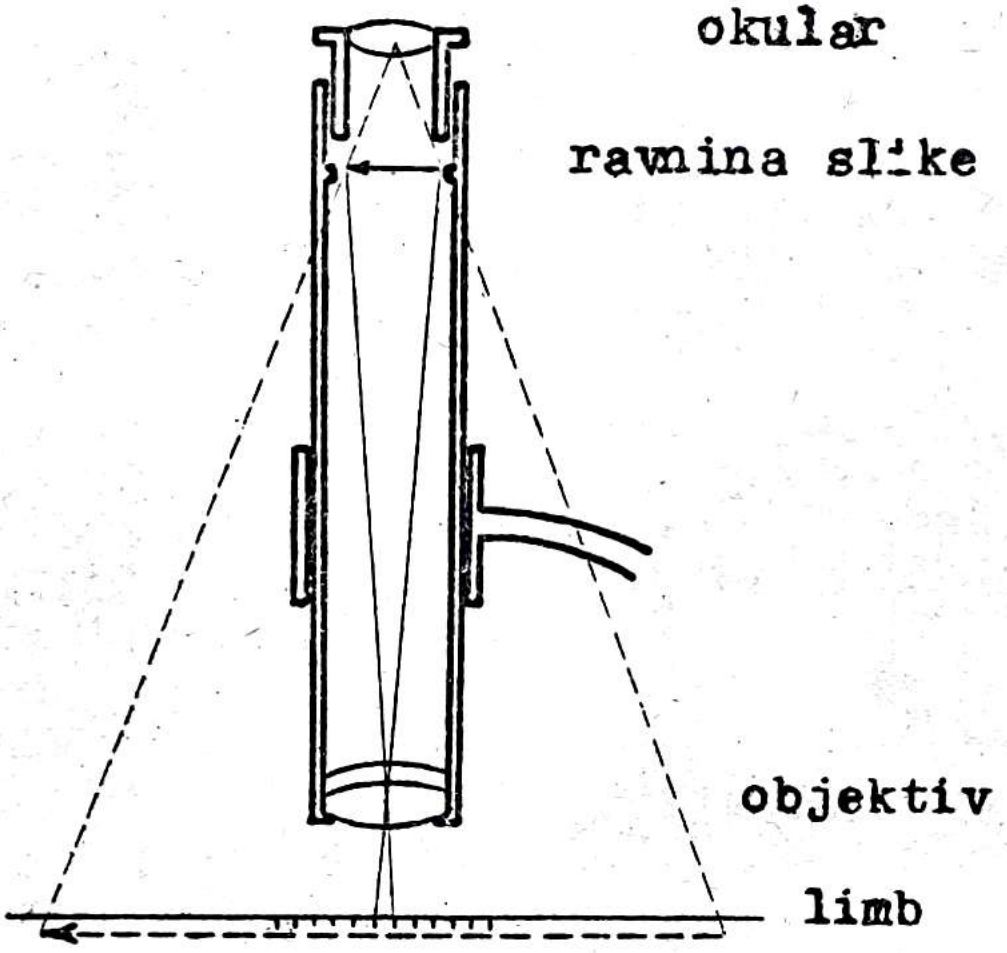
Nonius sa podatkom 30"
Očitanje : 8° 00' + 13,5' = 8° 13,5'



Nonius sa podatkom 20"
Očitanje : 23° 40' + 5· 20" = 23° 45'20"

Mikroskop

Položaj indeksa na limbu može se očitati i pomoću posebnog mikroskopa, čija je konstrukcija dana na slici 4.

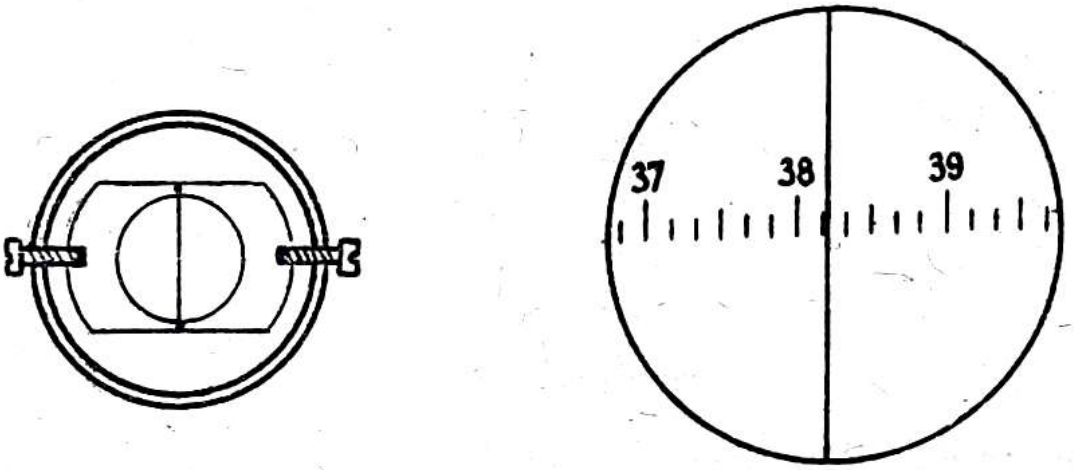


Slika 4

U ravnini slike smješten je indeks za očitavanje limba, a obzirom na to kakovi su pomoćni uredjaji dodani tom indeksu da bi se mogli očitati i manji dijelovi od podjeljenja limba razlikujemo

1) mikroskop sa indeksom
2) mikroskop sa skalom
3) mikroskop sa noniusom
4) mikroskop sa mikrometričkim vijkom
4) mikroskop sa optičkim mikrometrom

Mikroskop sa indeksom. U ravnini slike limba smještena je pločica sa indeksom u obliku crte. (slika 5)



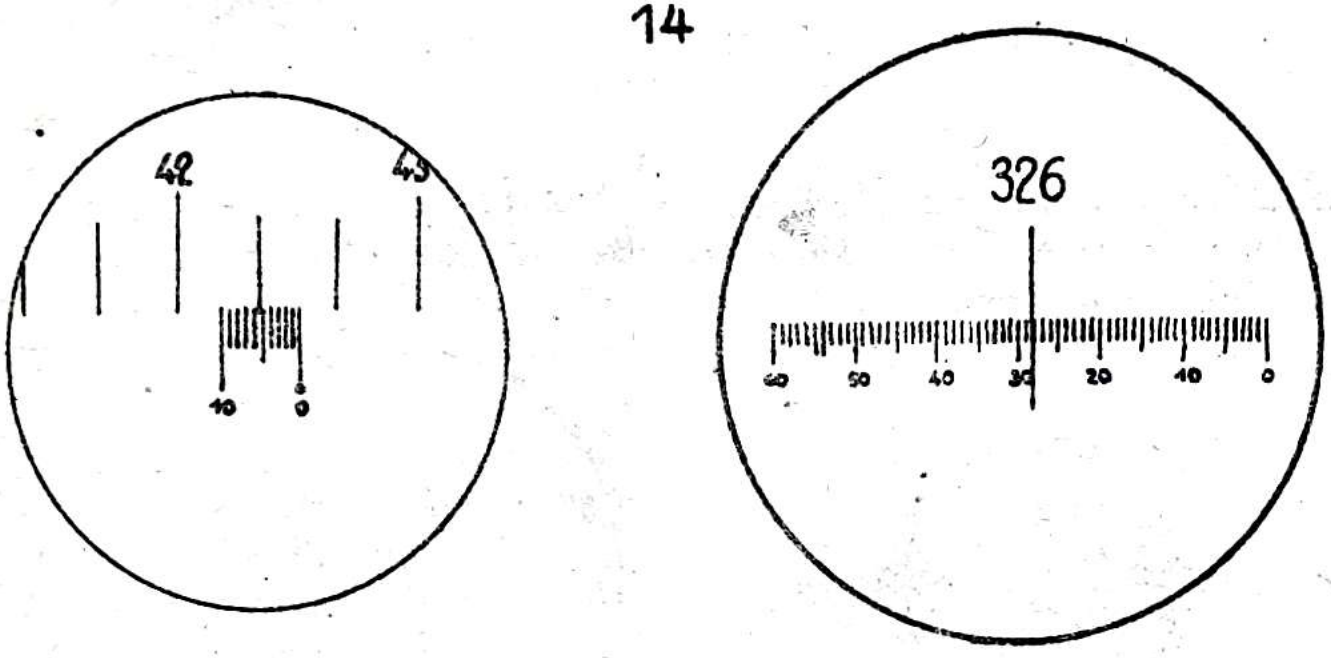
Slika 5.

Položaj indeksa mikroskopa očita se na glavnom mjerilu tako, da se u smjeru podjeljenja limba u vidnom polju očitaju cijeli dijelovi podjeljenja, a razmak od zadnje crte pred indeksom do samog indeksa procijeni u desetinama podjeljenja limba. U slučaju na slici 5 je očitanje 38° 12' .

Mikroskop treba tako udesiti da crta indeksa i crte limba budu jednako oštre i medjusobno strogo paralelne. Ovo se postiže pomicanjem pločice na kojoj je nanijeta crta indeksa posebnim vijcima. Pločica je smještena u ravnini slike u cijev mikroskopa prama slici 5.

Mikroskop sa skalom. Da ne bi manje dijelove izmedju zadnje crte limba i crte indeksa morali procjenjivati, ucrtana je u vidno polje toga mikroskopa na staklu skala, čiji su početni i završni potez udaljeni točno za duljinu jednog podjeljenja limba. (slika 6)

Stariji tip skalnog mikroskopa (prvi dio slike) konstruiran je tako, da je limb



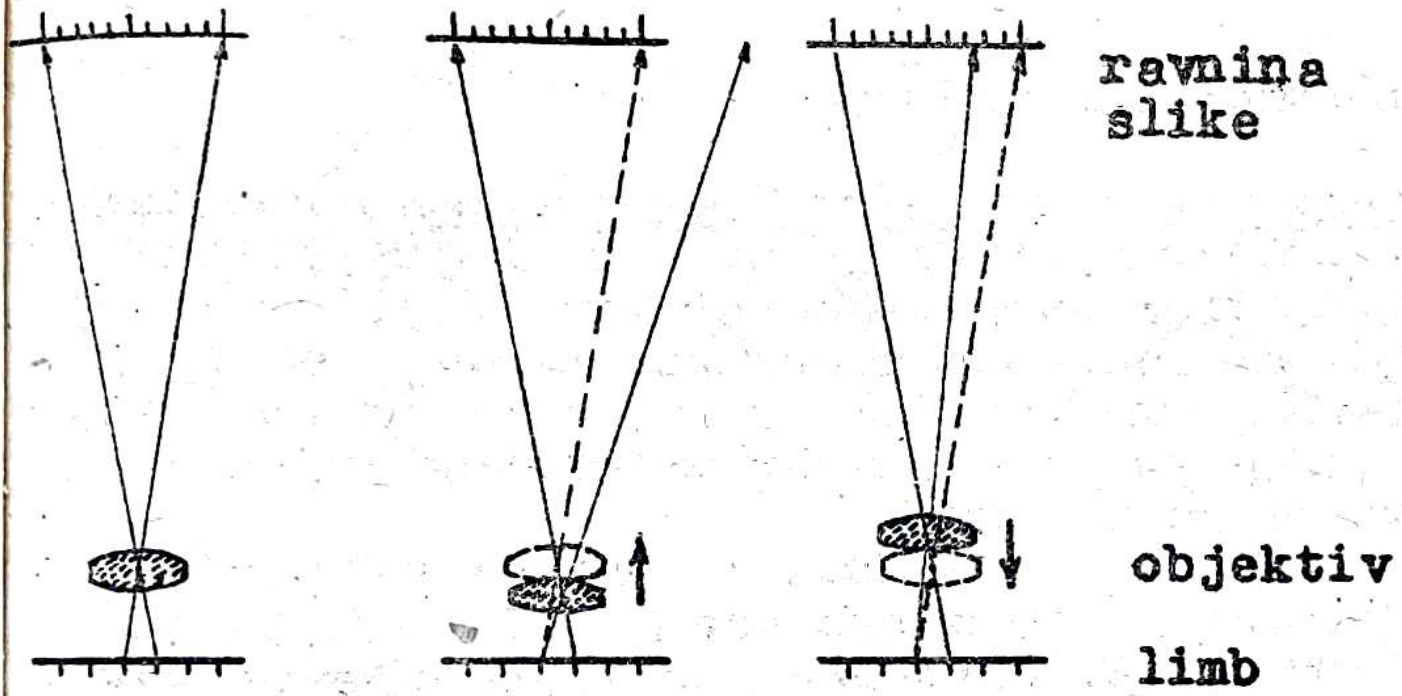
Slika 6

podijeljen na dijelove od 20', skala ima 10 dijelova, prema tome svaki dio skale vrijedi 2'. Desetine dijelova skale se procijenjuju. Očitanje u slučaju na slici je 42^{0} 20' na limbu i 5,4 x 2' na skali, svega 42^{0} 30,8'

Novi tip skalnog mikroskopa (desni dio slike 6) zgodniji je za očitavanje u toliko, što očitanje dobivamo bez množenja, vidno je polje malo tako da redovito u njega padne samo jedna crta limba. Očitanje slučaju na slici 326^{0} 28,2'.

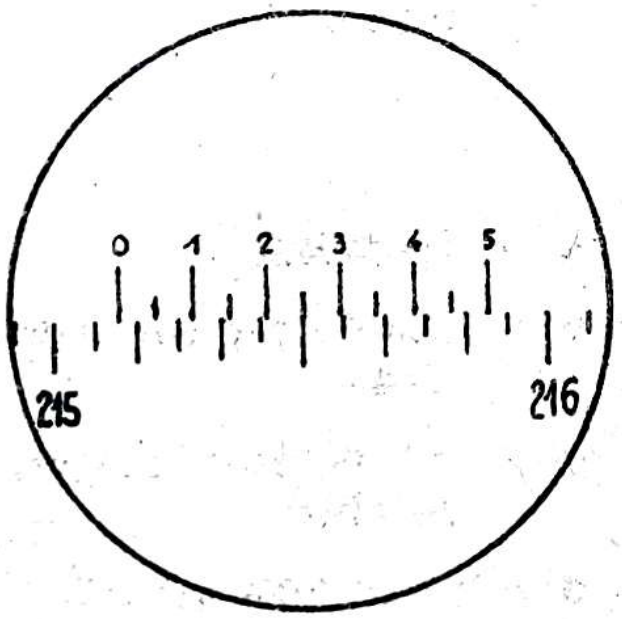
Skalni mikroskop, osim uslova navedenih za mikroskop sa indeksom mora zadovoljiti i uslov, da razmak crta na limbu mora biti jednak duljini skale. Postići ćemo to tako, da nul-marku skale dovedemo do poklapanja sa bilo kojom crtom limba. Na kraju skale vidjet će se, da li se on slaže sa susjednom crtom limba. U koliko taj uvjet nije ispunjen, to ćemo dizanjem ili spuštanjem objektiva mikroskopa dotjerati da se odnosne dvije crte poklope, prama shematskoj slici 7.

Mikroskop sa noniusom. Ovaj je mikroskop sagrađen na isti način kao i onaj sa skalom sa tom razlikom, što je u staklenu pločicu umjesto ska-



Slika 7.

le urezan nonius. Prema tome i limb može biti podijeljen na sitnije dijelove. (slika 8)



Slika 8

Očitanje na slučaju prikazanom sa slici biti će: na limbu 215° 05', na noniusu 2,5', svega

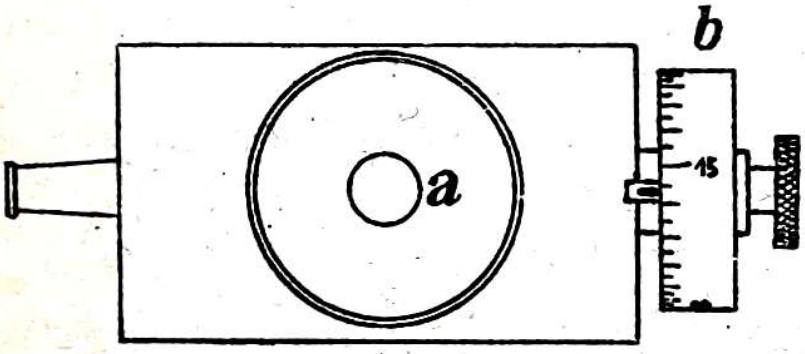
215°07,5'

Prednost ovog mikroskopa pred običnim noniusom je u tome, što je kod mikroskopa bolja vidljivost, a uklonjena je i netočnost čitanja radi paralakse, nastale razmakom iz-

medju limba i noniusa.

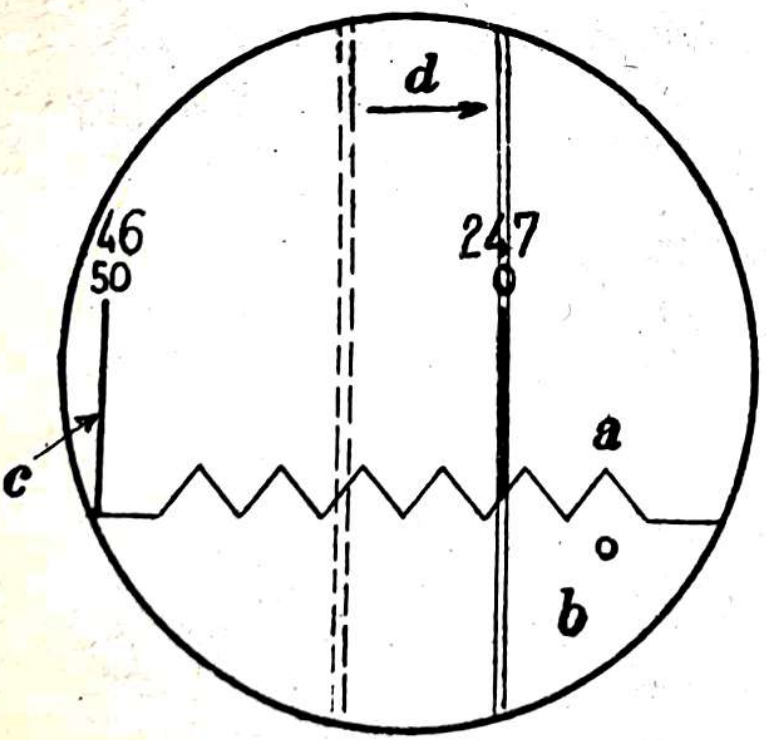
Mikroskop sa mikrometričkim vijkom. U ravnini slike limba smješten je u mikroskopu posebni uredjaj, čiji su glavni sastavni dijelovi: pločica sa indeksom u obliku zubaca, koja je u cijevi mikroskopa nepomična, i okvir sa dvije niti, koje se pomoću mikrometričkog vijka u vidnom polju pomiču.

Pločica sa zupcima i pomične niti vide se u vidnom polju mikroskopa (slika 9), indeks je vrh prvog zupca, koji je označen rupicom.



a - okular mikroskopa

b - mikrometrički vijak sa bubnjem



a - indeks

b - pločica sa zupcima

c - crte podjeljenja limba

d - pomične niti

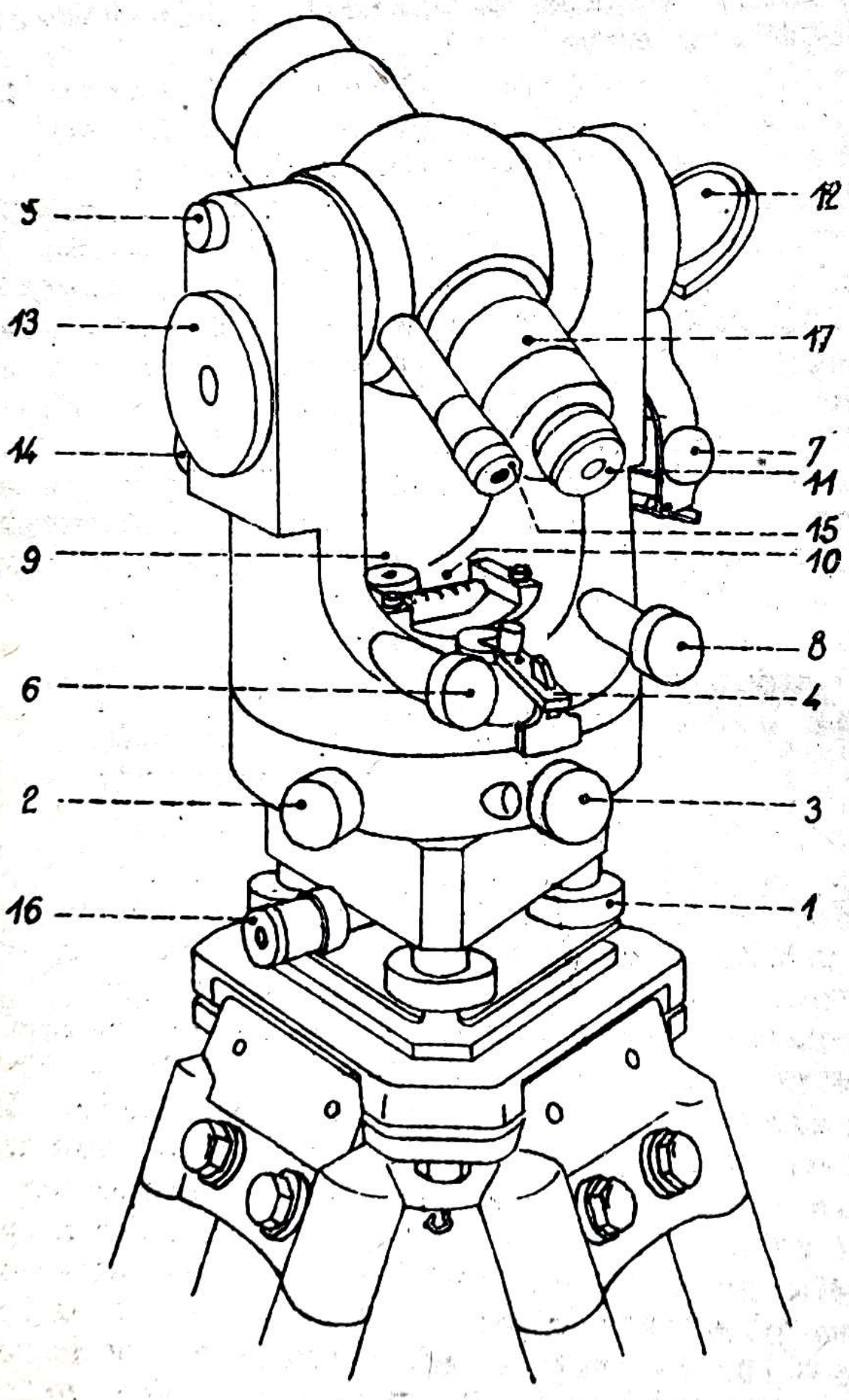
Slika 9.

Očitanje se vrši na taj način, što se mikrometričkim vijkom dotjeraju dvije pomične crte da uokvire crtu limba, koja je pala medju zupce. Očita se vrijednost te crte limba, broj punih dolina od zupca sa rupicom (indeksa) i položaj bubnja ma mikrometričkom vijku.

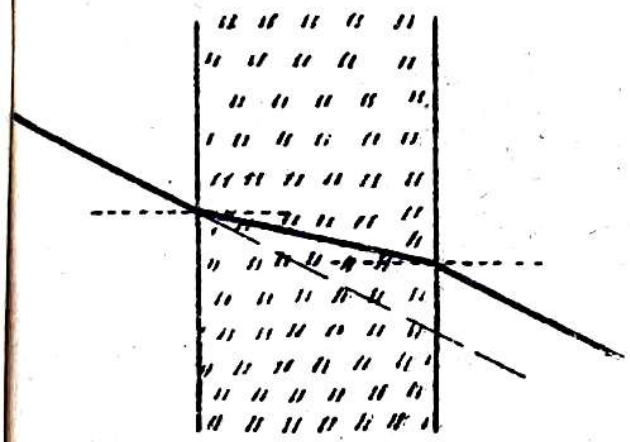
Razmak od vrha prvog do vrha zadnjeg zupca jednak je veličini jednog podjelenja limba - u našem slučaju 10'. Kako u tom intervalu ima pet udolina, to svaka udolina izmedju dva vrha zubaca vrijedi 2'. Jedan puni zaokret mikrometričkog vijka pomakne pomične niti točno za razmak od jednog do drugog vrha zupca. Bubanj na mikrometričkom vijku podijeljen je na 60 dijelova te je prema tome vrijednost svakog dijela na bubnju 2". Očitanje u slučaju na slici 9 biti će:

na limbu	247° 00'
1 udolina	2'
na bubnju mikrometra	
15",7 x 2	0' 31",4
	247° 02' 31",4

Mikroskop sa optičkim mikrometrom. Manje dijelove na limbu od indeksa do neke crte limba u dosadanjim slučajevima procjenjivali smo ili mjerili skalom, noniusom ili mikrometričkim vijkom. Optički mikrometar sastoji se u mjerenju malih intervala pomoću ploče od stakla, čije su dvije plohe paralelne, tzv. planparalelne ploče. Zraka svjetla, koja padne na takovu ploču pod nekim kutem poslije prolaza kroz ploču paralelno je pomaknuta prama ulaznoj. Veličina paralelnog pomaka ovisna je o kutu, pod kojim je zraka pala; okretanjem planparalelne ploče, to jest mijenjanjem toga kuta možemo zraku paralelno pomicati za povoljnu veličinu, ili obratno, neke veličine mjeriti u kutu zaokreta planparalelne ploče.


5
13
14
9
6
2
16
12
17
7
11
15
10
8
4
3
1

Slika 10 prikazuje djelovanje planparalelne ploče.

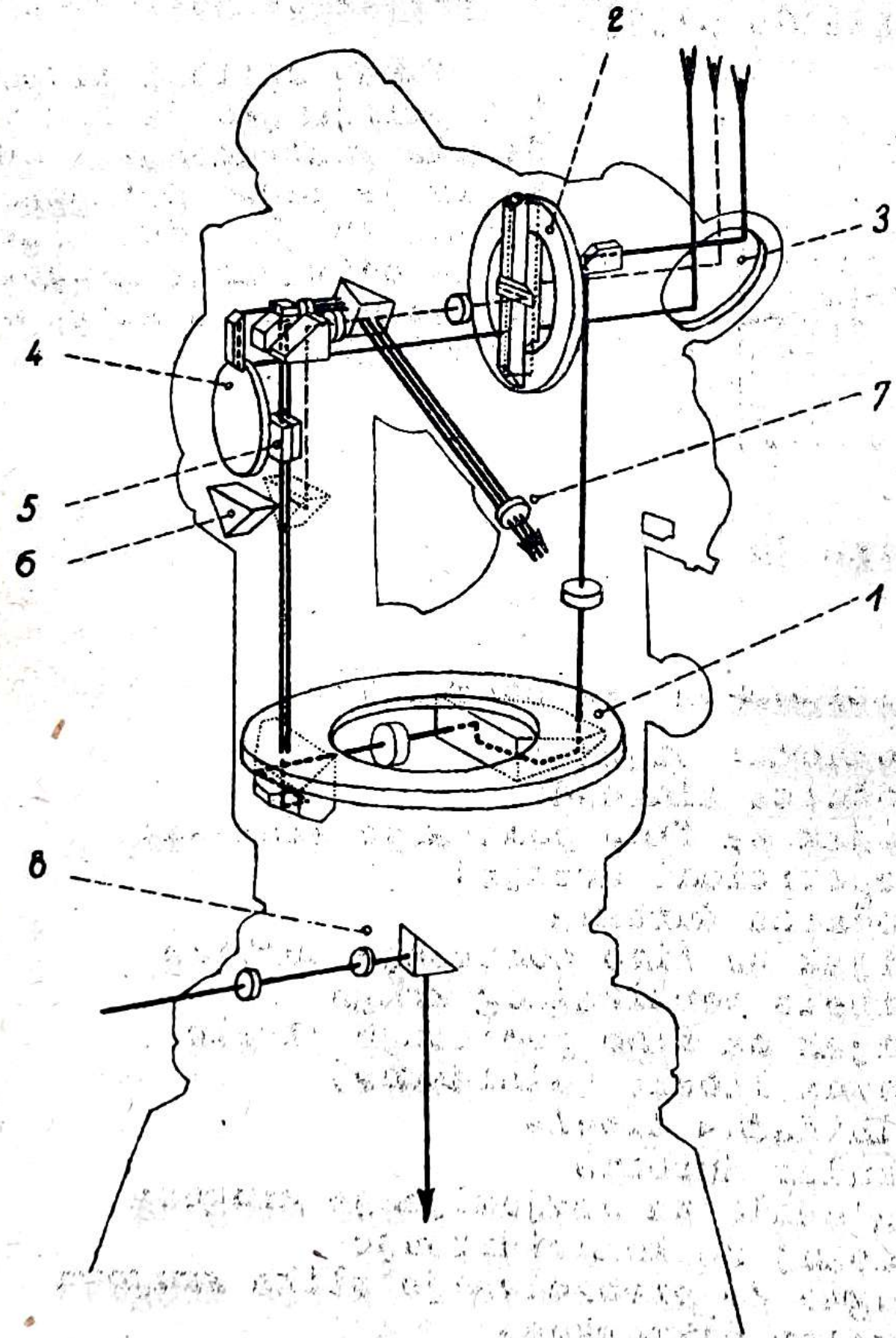


Slika 10

Takav optički mikrometar primjenjen je kod modernih instrumenata, od kojih je jedan prikazan na strani 18. Optički sistemi za očitavanje krugova prikazani su na slici na strani 20.

Opis instrumenta sa strane 18:

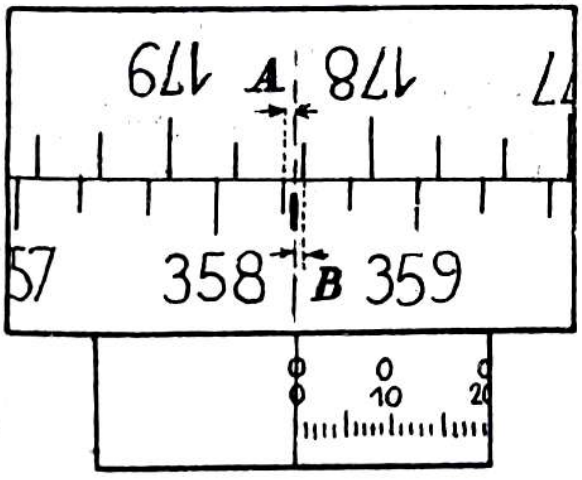
1. podnožni vijci
2. kočnica alhidade
3. vijak za fino pomicanje alhidade
4. repeticioni uredjaj
5. kočnica durbina
6. vijak za fino pomicanje durbina
7. libela vertikalnog kruga
8. vijak za fino pomicanje libele
9. dozna libela (alhidadna)
10. alhidadna libela
11. okular durbina
12. ogledalo za osvjetljenje krugova
13. bubanj za koincidiranje
14. dugme za prebacivanje slika krugova
15. okular mikroskopa
16. optički visak
17. prsten za fokusiranje


2
3
4
7
5
6
1
8

Opis optičkog sistema sa strane 20:

1. horizontalni limb
2. vertikalni limb
3. ogledalo za osvjetljenje krugova
4. skala mikrometra
5. planparalelne ploče
6. prizma za prebacivanje slika krugova
7. okular mikroskopa
8. optički visak

Kod ovakovih instrumenata vide se u vidnom polju mikroskopa dvije diametralno oprečne slike limba (slika 11) i skala mikrometra. Očitanje treba učiniti tako, da ono daje odmah aritmetsku sredinu izmedju dvaju diametralno oprečno položenih mjesta limba.



krug 2

krug 1

skala mikrometra

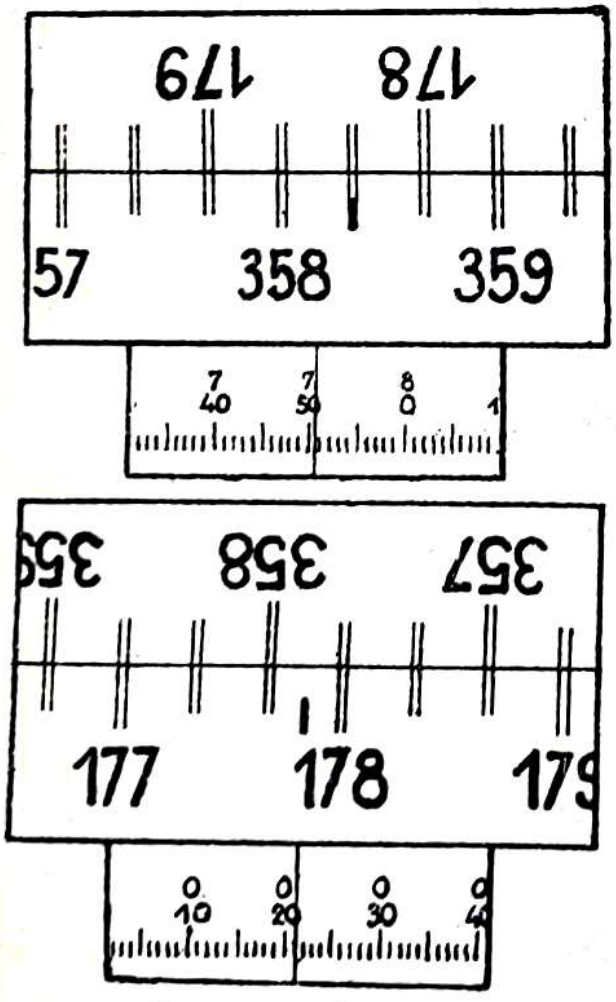
Slika 11

Ka krugu treba očitati položaj indeksa, tj. dio A preko očitanja na krugu 358° 20', a na drugom kraju limba dio B. Pravo očitanje biti će aritmetska sredina

$$\frac{A + B}{2}$$

Aritmetsku sredinu dobiti ćemo medjusobnim pomicanjem slika pomoću mikrometra sa planparalelnom pločom. Pomoću tog mikrometra dovedemo crte podjeljenja jednog i drugog kraja limba do poklapanja - koincidencije, te na skali očitamo veličinu tog pomaka. Očitanje je odmah aritmetska sredina očitanja na jednom i drugom kraju limba.

U našem slučaju limb je podijeljen na intervale od 20'. Indeks, pretstavljen kratkom debelom crtom, može da zauzme položaj ili na jednom podjeljenju limba, pri čemu čemo na limbu očitavati odgovarajuće stupnjeve, te 0,20 ili 40 minuta, prama tome, gdje je indeks. Ako indeks zauzme položaj u polovini intervala, to ćemo, uz odgovarajuće stupnjeve očitati 10, 30 ili 50 minuta. Na slici 12 pokazana su ta dva tipična slučaja.



Očitanje:
$358^{\circ}20' + 7'52,0'' =$
$358^{\circ}\ 27'\ 52,0''$

$177^{\circ}50' + 0'21,0'' =$
$177^{\circ}\ 50'\ 21,0''$

Slika 12

Rektifikacija teodolita

Da bi seteodolitom mogli mjeriti ispravno horizontalni kutevi, tj. prave projekcije prostornih kuteva potrebno je, da teodolit u medjusobnom položaju svojih osi zadovolji neke uvjete, i to:

1) vertikalna osovina alhidade treba da bude u prostoru vertikalna i treba da prolazi centrom podjeljenja limba,
2) horizontalna os durbina treba da je okomita na vertikalnu osovinu alhidade,
3) kolimaciona osovina treba da bude okomita na horizontalnu osovinu durbina i treba da prolazi presjekom horizontalne i vertikalne osi.

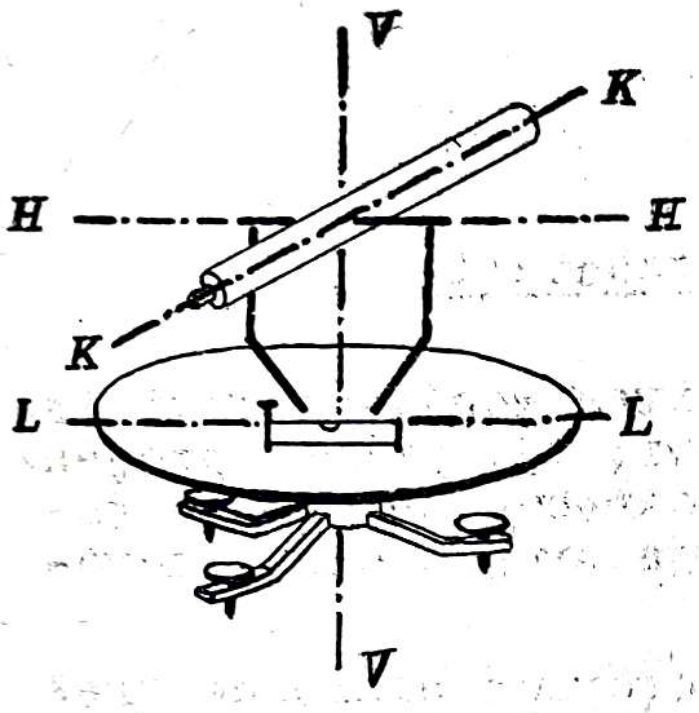
Obzirom na ispitivanje tih svojstava i ispunjavanje uvjeta - rektifikaciju - razlikujemo dva glavna tipa teodolita:

1) teodolit sa alhidadnim libelama
2) teodolit sa jahaćom libelom na horizontalnoj osovini.

Rektifikacija teodolita sa alhidadnim libelama

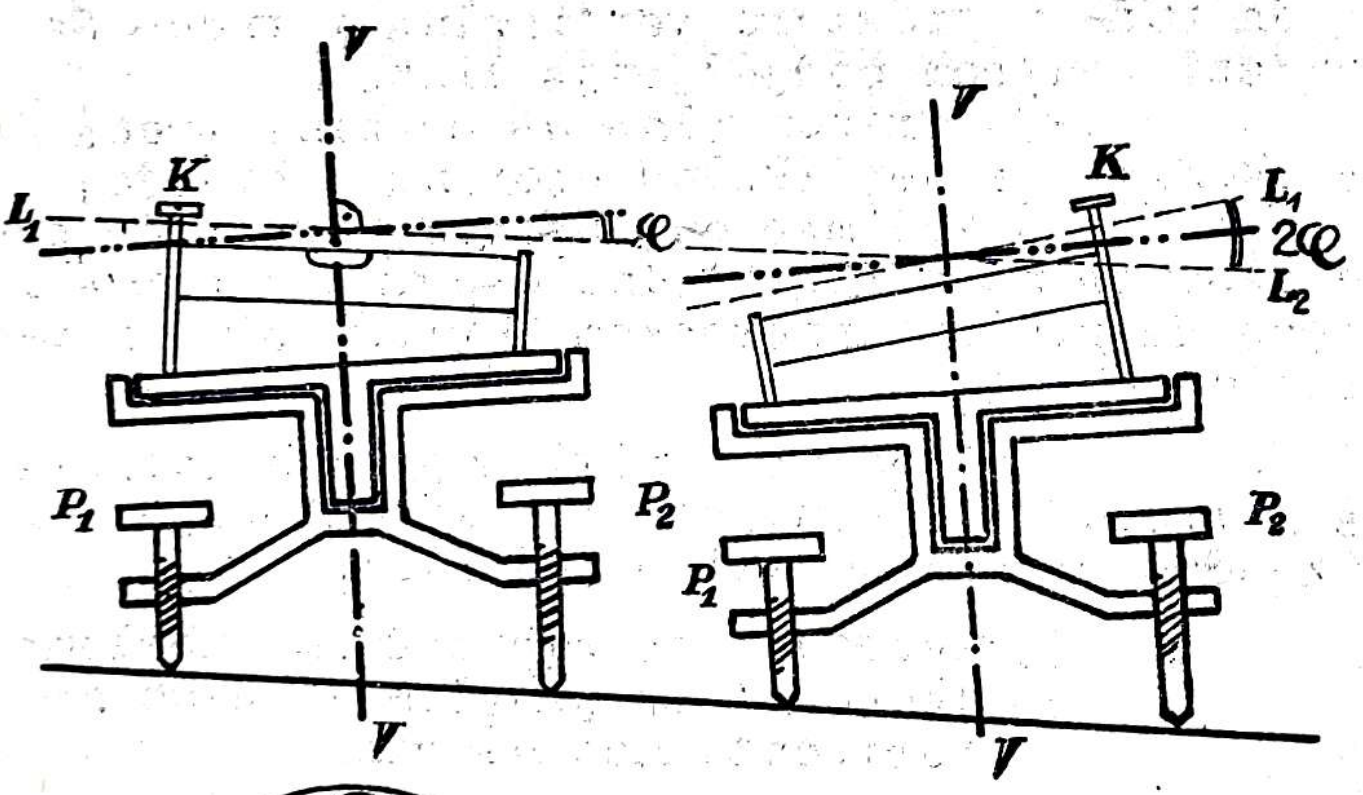
Ovaj tip teodolita ima na alhidadi jednu, ili dvije pod 90^0 položene libele. (slika 13).

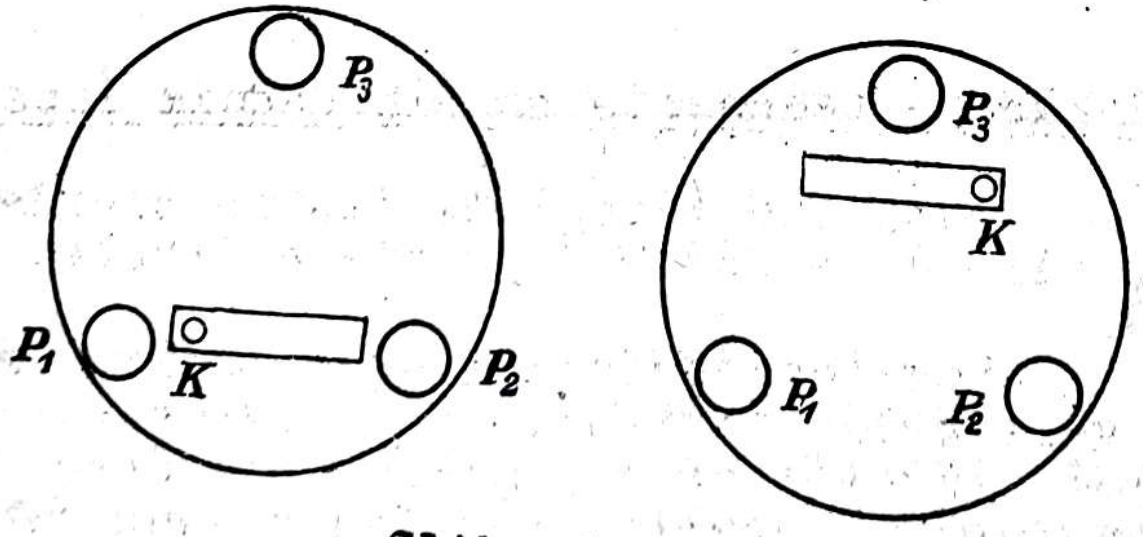
Kod tog teodolita uspostavit ćemo najprije vertikalnost vertikalne osovine alhidade. Ovo ćemo izvesti na taj način, što ćemo dovesti u medjusobno okomiti položaj glavnu tangentu alhidadne libele i vertikalnu osovinu.



VV = vertikalna os
HH = horizontalna os
KK = kolimaciona os
LL = glavna tangenta alhidadne libele

Slika 13





Slika 14

Postavit ćemo okretanjem alhidade libelu u smjer dvaju podnožnih vijaka. (slika 14) Ovim podnožnim vijcima dotjerat ćemo libelu da vrhuni. Poslije toga okrenut ćemo alhidadu za 180° i u koliko se na libeli pokaže kakav otklon mjehura, to je otklon, prema slici 14 prouzrokovan dvostrukim kutom otklona glavne libeline tangente i vertikalne osovine.

Okomitost glavne tangente libele i vertikalne osi uspostavit ćemo tako, da pola otklona libele ispravimo korekcionim vijcima libele (K na slici 14,) a poslije toga dotjeramo vertikalnu os i glavnu tangentu libele u vertikalni odnosno horizontalni položaj tako, da drugu polovinu otklona mjehura uklonimo podnožnim vijcima. Taj se postupak ponavlja nekoliko puta, dok nam libela u oba položaja potpuno ne vrhuni. Onda okrenemo alhidadu tako, da libela stane u smjer trećeg podnožnog vijka i njime dotjeramo libelu da vrhuni.

Ako na alhidadi postoje dvije unakrst položene libele, to ćemo prije opisani postupak izvršiti jednom libelom i pri tome drugom libelom obaviti isti postupak sa tom razlikom, što ćemo ju dotjeravati u položaj vrhunjenja i korigirati trećim podnožnim vijkom.

Poslije ispunjenja tog uvjeta prelazimo na rektifikaciju kolimacione i horizontalne osi. Pogrešku kolimacione osi ispitujemo najprije, tj. ispitat ćemo da li je ona okomita na horizontalnu os durbina.

Položaj vizurne osi sada može u prostoru biti općenito pogrešan iz dva uzroka:

1) pogrešna horizontalna osovina čini vizurnu ravninu - ravninu u kojoj se durbin okreće - nevertikalnom i

2) kolimaciona osovina, neokomita na horizontalnu deformira vizurnu ravninu u konus

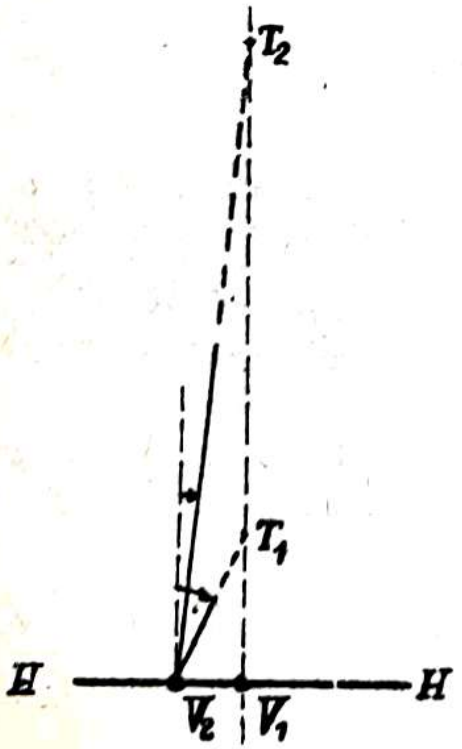
Ako hoćemo ispitati pogrešku neke od ovih osovina moramo uticaje njihovih pogrešaka razdvojiti, što znači naći takav položaj durbina, kod kojega se pogreška tih osi ne očituje. *jedna*

Kod horizontalnog položaja durbina na položaj vizurnog pravca - kolimacione osi - ne utiče pogreška horizontalne osi, jer se u horizontu instrumenta sijeku idealna -vertikalna vizurna ravnina i faktična - kosa. Prema tome će u horizontalnom položaju durbina uticati na položaj vizurne osi samo kolimaciona pogreška, te ćemo nju najprije ispitati u horizontalnom položaju durbina.

Ispitivanje okomitosti kolimacione i horizontalne osi možemo izvesti na dva načina:

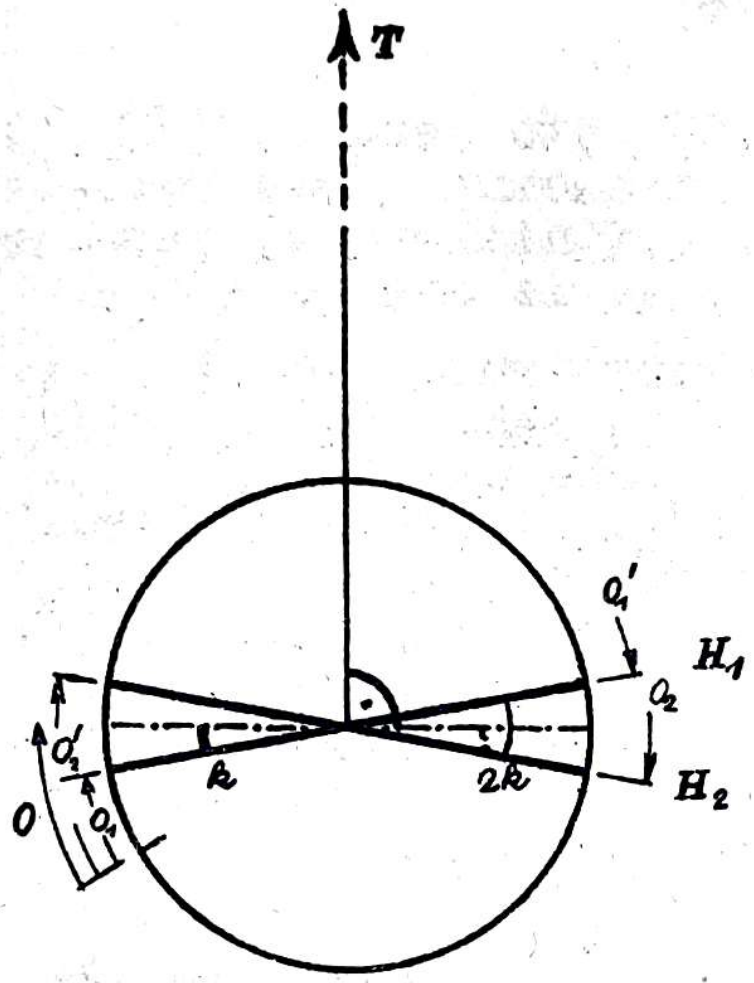
1) Pomoću dvostruke kolimacione pogreške na taj način, što ćemo u horizontu instrumenta izabrati dosta daleko (cca 100 m) dobro vidljivu točku.

Slika 15



Dosta daleko od instrumenta treba uzeti točku s razloga, što bi u protivnom slučaju došla do nepovoljnog izražaja pogreška ekscentriciteta vizurne ravnine, koja nastaje, ako vizurna os ne prolazi presjekom horizontalne i vertikalne osi, što je vidljivo iz slike 15.

HH = horizontalna os
V_1 = presjek horizontalne i vertikalne osi
V_2 = presjek horizontalne i vizurne osi



Slika 16

Uviziramo vertikalnom niti nitnog križa tu točku i na limbu očitamo njen položaj:

$$o_1$$

Okrenemo alhidadu za 180^0 i durbin za 180^0 te uviziramo ponovno u tu točku i očitamo njen položaj na limbu:

$$o_2$$

U koliko nam se očitanja

$$o_1 \text{ i } (o_2 - 180^0)$$

medjusobno razlikuju za neki iznos, to ta razlika pretstavlja dvostruku kolimacionu pogrešku.

Nju ćemo ispraviti tako , da na limbu namjestimo očitanje:

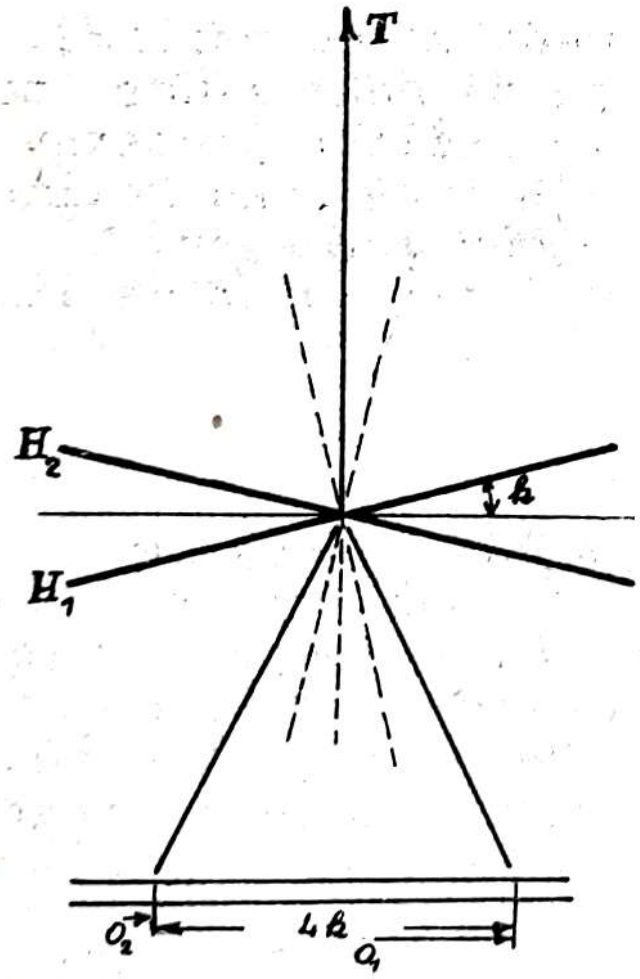
$$0 = \frac{o_1 + o_2}{2}$$

tj. očitanje aritmetske sredine. Sada nam u vidnom polju nitni križ ne će pogoditi tu točku, te sada pomoću vijaka za pomicanje nitnog križa dotjeramo da nam njegova vertikalna nit poklopi tu točku. Kod toga treba najprije odvrnuti onaj vijak nitnog križa, na koji stranu ga želimo pomaknuti, a onda onaj sa protivne strane zavrnuti.

Uticaj kolimacione pogreške možemo prilikom mjerenja kuteva iz rezultata mjerenja

eliminirati na taj način, što ćemo na svaku mjeriti na prije opisani način, u dva položaja instrumenta, te kao definitivnu vrijednost uzimati aritmetsku sredinu iz oba očitanja.

2) Pomoću četverostruke pogreške ispravit ćemo kolimacionu os tako, da na prije opisani način izabranu točku uviziramo i zakočimo alhidadu. Na protivnoj strani instrumenta postavimo u horizontalni položaj jedno mjerilo - letvu - sa podjeljenjem. Ako je letva podijeljenja na centimetre, postavit ćemo ju na daljini od cca 20 do 30 m. Okrenemo durbin oko njegove os preko zenita za 180° i pročitamo mjesto na letvi koje nam pogadja vertikalna nit nitnog križa. (slika 17)



Slika 17

Poslije toga otkočimo alhidadu, okrenemo ju za 180° i ponovno uviziramo izabranu točku. Kod zakočene alhidade okrenemo durbin za 180° preko zenita i ponovno očitamo položaj vertikalne niti na letvi. U koliko nam se izmedju prvog očitanja:

o_1

i drugoga:

o_2

pokaže kakova razlika, to će ona pretstavljati četverostruku kolimacionu pogrešku:

$$\Delta = o_1 - o_2 = 4\,k$$

Nitni križ ćemo na prije opisani način pomaknuti za četvrtinu razlike, na očitanje:

$$O = o_2 + \frac{\Delta}{4} \quad \text{ili}$$

$$O = o_1 - \frac{\Delta}{4}$$

Kod nekih instrumenata durbin se, zajedno sa horizontalnom osi može vaditi i prelagati, tj. u ležajeve položiti u obrnutom smjeru. Kod tih instrumenata ispitat ćemo kolimacionu os na slijedeći način:

postavit ćemo u visini horizonta, na dosta velikoj udaljenosti horizontalno položenu letvu. Kod učvršćene alhidade očitat ćemo, poslije viziranja na letvu, položaj vertikalne niti nitnog križa. Poslije toga izvadit ćemo durbin iz ležajeva i preložiti ga. Ponovno ćemo u tom položaju očitati na letvi. Razlika izmedju oba očitanja je dvostruka kolimaciona pogreška:

$$o_2 - o_1 = 2k$$

Okomiti položaj kolimacione osi prama horizontalnoj je na očitanju:

$$O = \frac{o_1 + o_2}{2}$$

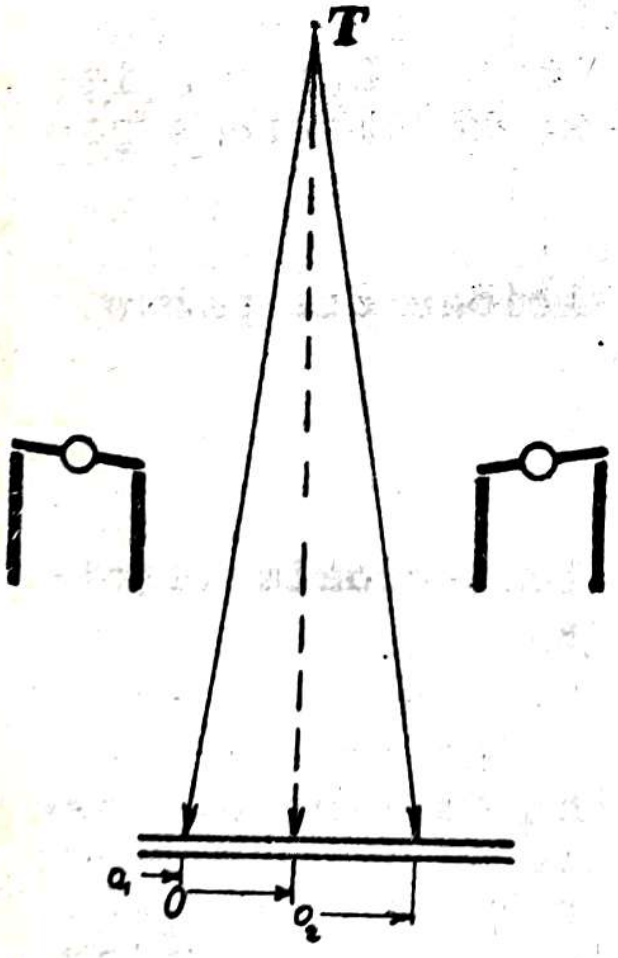
Na to očitanje natjerat ćemo korekcionim vijcima vertikalnu nit nitnog križa.

Poslije ispitane kolimacione osi prelazimo na ispitivanje horizontalne osi, tj. ustanovit ćemo, da li je vizurna ravnina u prostoru vertikalna. Usporedit ćemo vizurnu ravninu sa nekim vertikalnim pravcem u terenu. Najjednostavnije ćemo to učiniti tako, da kod horizontiranog instrumenta uviziramo vertikalnom niti nitnog križa u horizontu rub neke vertikalne

zgrade, te dizanjem durbina pratimo da li nam vertikalna nit ostaje uvijek na tom bridu. Točnije ćemo to načiniti, aku pred instrument objesimo na dosta dugoj uzici teški visak, te isto tako pratimo uzicu viska vertikalnom niti. U koliko kod velikog nagiba durbina vertikalna nit otstupa od uzice znači, da je horizontalna os durbina nehorizontalna u prostoru.

Ispravit ćemo to na taj način, da jednu stranu horizontalne osi dignemo ili spustimo u njenom ležaju posebnim vijcima (na slici sa strane 6, broj 15).

Najtočnije ispitat ćemo horizontalnu os durbina projeciranjem neke visoke točke na horizontalno mjerilo - letvu. (slika 18)



Slika 18

Kod učvršćene alhidade uviziramo jednu visoku točku, tj. točku pod velikim elevacionim kutem. Spuštajući durbin do horizontalnog položaja projecirat ćemo na pred instrument horizontalno položenu letvu i očitati položaj vertikalne niti nitnog križa. Okrenemo tada durbin i alhidadu za 180° i ponovno projeciramo tu točku na letvu i očitamo. U koliko se položaj prve i druge projekcije medjusobno ne slažu, to će prava projekcija točke na letvi biti:

$$0 = \frac{o_1 + o_2}{2}$$

Uviziramo sada na letvu na očitanje aritmetske sredine i dignemo durbin do visine točke. Vertikalna nit nitnog križa sada ne će pogoditi visoku točku, te ćemo dignuti ili spustiti jedan kraj horizontalne osi dok nam vertikalna nit točku ne pogodi.

Kod preciznijih instrumenata konstatira se pogreška horizontalne osi pomoću umjetnog horizonta. Tik pred instrument postavi se umjetni horizont, tj. plitka posuda sa živom ili vodom pomiješanom sa tintom. Površina tekućine mora dobro reflektirati svjetlo. Uslijed sile teže površina tekućine je idealno horizontalna. Uviziramo neku visoku točku tj. točku pod velikim elevacionim kutem i potražimo sliku te točke u umjetnom horizontu. U koliko horizontalna os nije horizontalna, to nam vertikalna nit nitnog križa ne će sada pogoditi sliku te točke u umjetnom horizontu pošto se durbin kretao u kosoj vizurnoj ravnini a slika točke reflektirala se u ravnini okomitoj na umjetni horizont, dakle u vertikalnoj ravnini. Ispraviti ćemo tu pogrešku na prije opisani način.

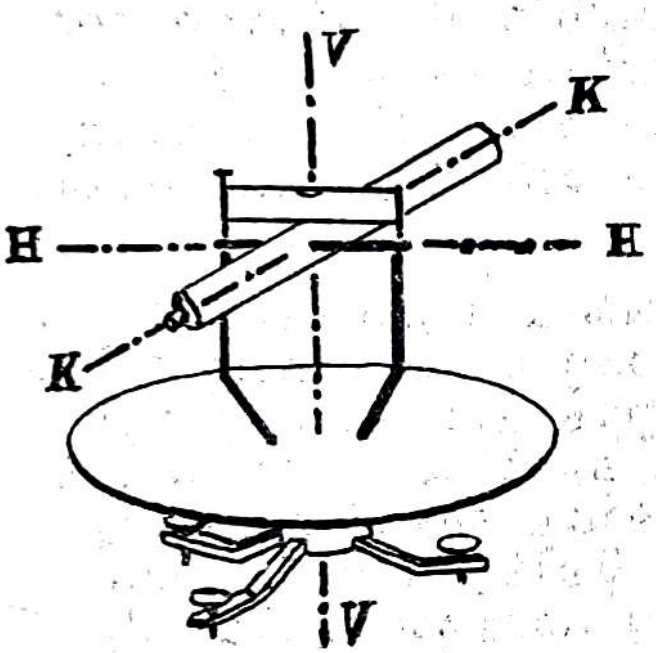
Mjerenjem na neku točku u dva položaja instrumenta na način opisan kod projekcije visoke točke na letvi i uzimanjem aritmetske sredine iz očitanja na horizontalnom krugu uklanja se iz rezultata mjerenja utjecaj pogreške horizontalne osi.

Rektifikacija teodolita sa jahaćom libelom.

Teodoliti sa jahaćom libelom su oni, koji imaju na horizontalnoj osi durbina smještenu jahaću libelu. (slika 19)

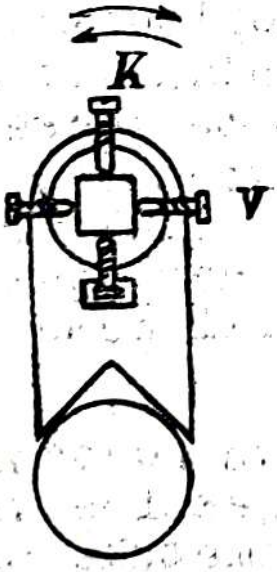
Red rektifikacije različit je kod ovog instrumenta od reda rektifikacije instrumenta

sa alhidadnim libelama.



VV = vertikalna os
HH = horizontalna os
KK = kolimaciona os
LL = glavna tangenta jahaće libele

Slika 19



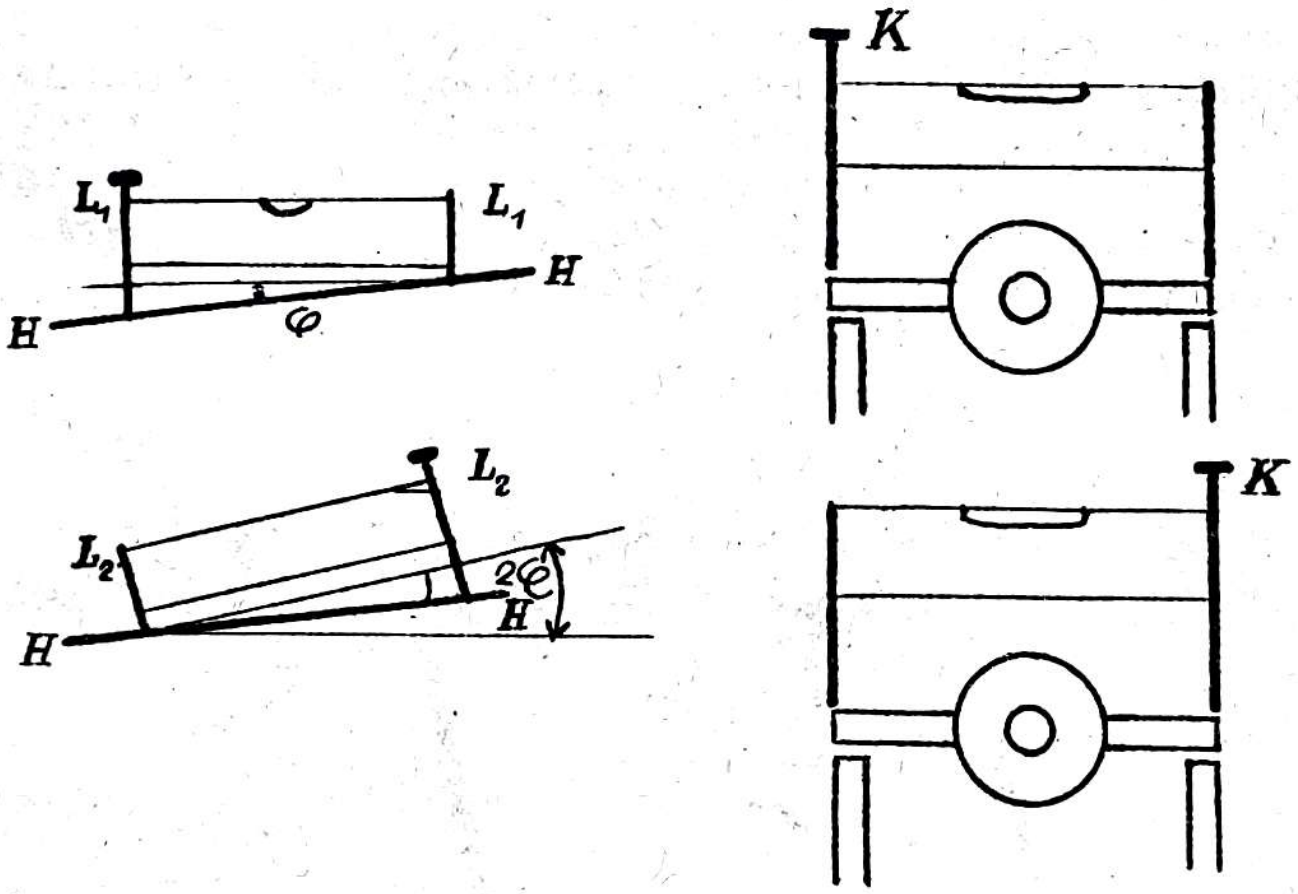
Slika 20

Prije ispitivanja ostalih svojstava instrumenta moramo ispitati, da li kod jahaće libele ne postoji pogreška križanja mjehura. Glavna tangenta libele mora ležati u istoj vertikalnoj ravnini sa idealnom horizontalnom osovinom. Ako taj uslov nije ispunjen velimo da postoj križanje mjehura. Ovo ćemo konstatirati da dotjeramo libelu podnožnim vijcima teodolita da vrhuni, te ju pomičemo za male iznose oko osovine na kojoj libela leži.

U koliko se kod toga naginjanja libele pokazuju kakovi otkloni mjehura, to postoji križanje mjehura koje popravljamo postranim korekcionim vijcima (dio v na slici 20).

Poslije ispitivanja križanja mjehura uspostavit ćemo paralelitet izmedju glavne tangente libele i horizontalne osi, tj. dovesti

ćemo horizontalnu os u prostoru u horizontalni položaj. Postavimo horizontalnu os, i jahaću libelu na njoj, okretanjem alhidade u smjer dvaju podnožnih vijaka. Podnožnim vijcima dotjeramo libelu da vrhuni.(slika 21)

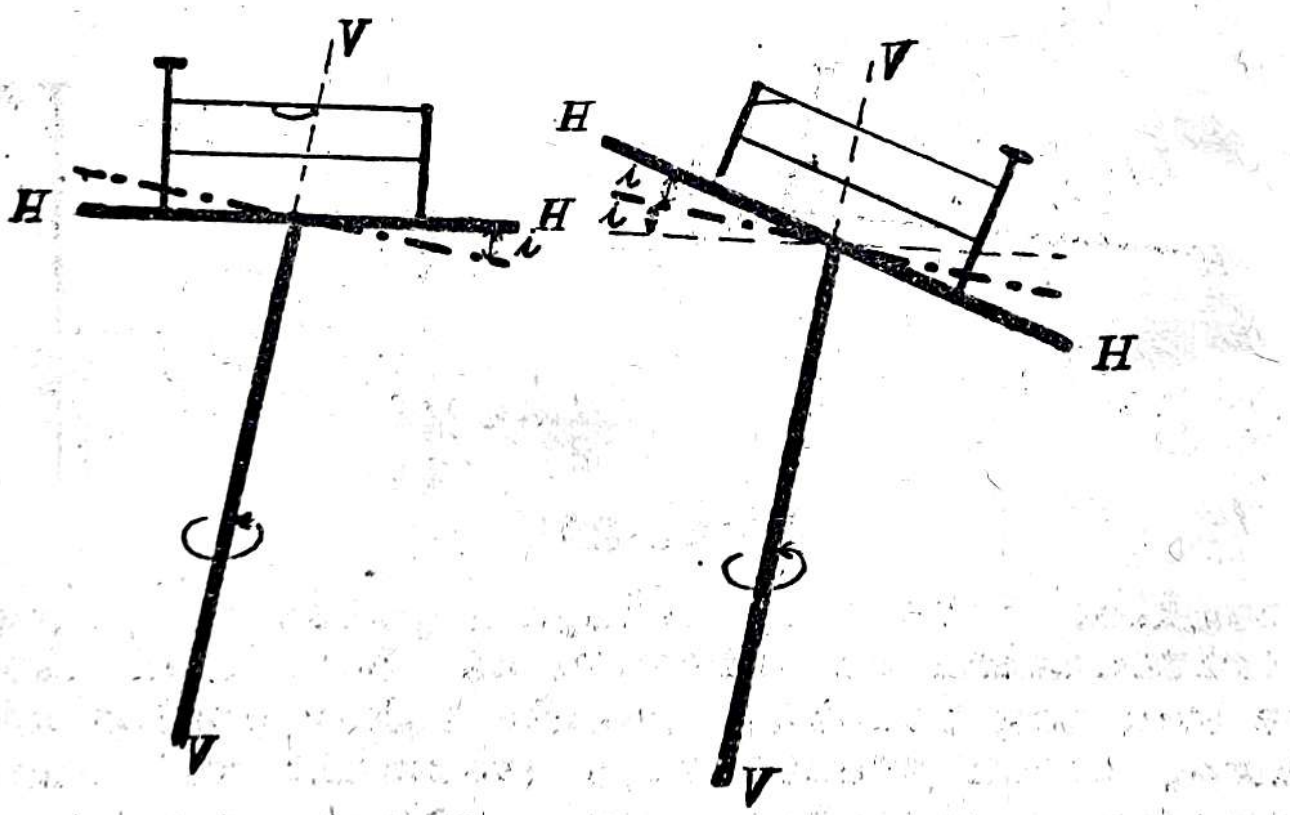


Slika 21

Izvadimo libelu iz ležaja i položimo ju na horizontalnu os okrenutu za 180°. U koliko se kod tog položaja pokaže kakav otklon mjehura, to on pretstavlja dvostruki kut nagiba izmedju horizontalne osi i glavne tangente libele. Polovinu toga otklona popravit ćemo korekcionim vijcima na libeli (dio k na slici 20) čime smo doveli u paralelni položaj glavnu libelinu tangentu i horizontalnu os. Drugu polovinu otklona popravimo podnožnim vijcima i to onima, u čijem smjeru leži horizontalna os. Time smo glavnu tangentu i horizontalnu os doveli u horizontalni položaj.

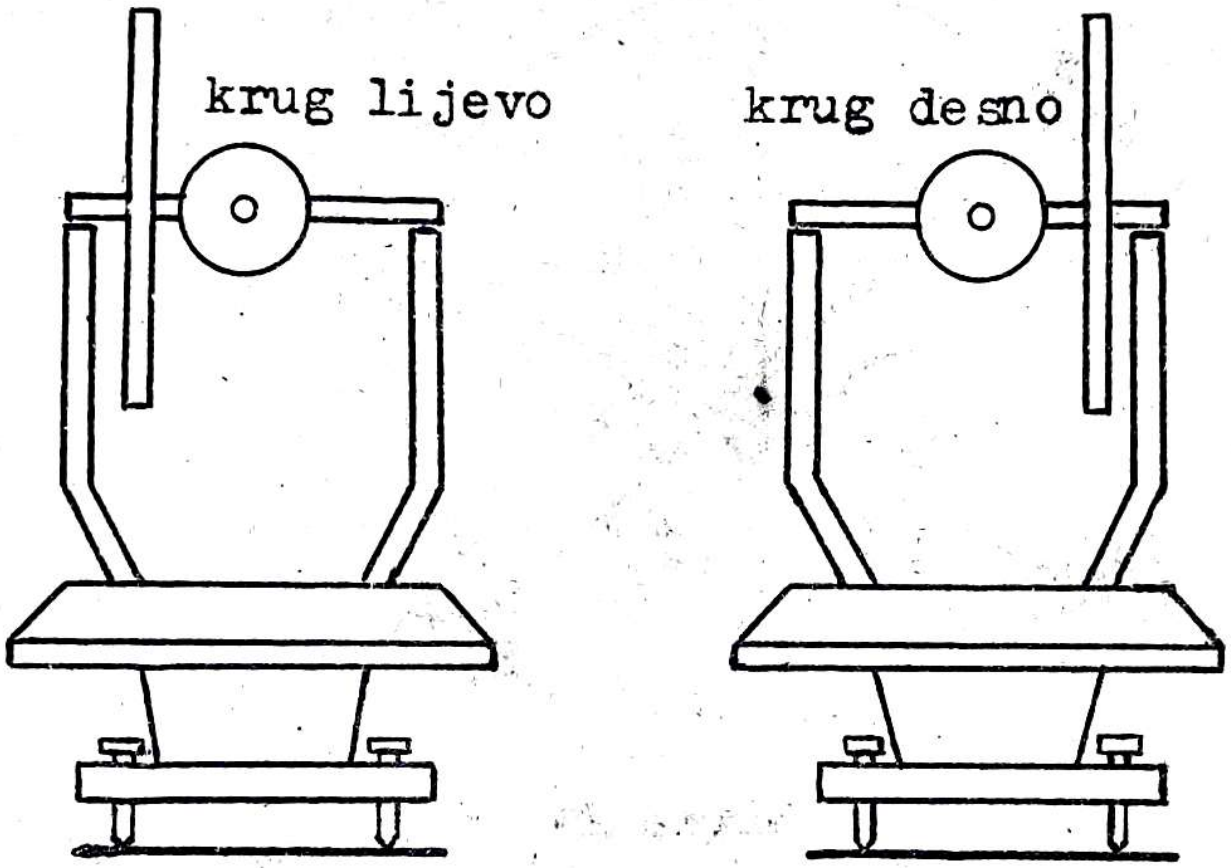
Postupak nekoliko puta ponovimo dok nam libe= la u oba položaja sigurno ne vrhuni.

Poslije toga prelazimo na dovadjanje ver= tikalne osi u vertikalni položaj u prostoru. U= činit ćemo to tako, da ju dovedemo u okomit po= ložaj prama horizontalnoj osi. Kada libela na horizontalnoj osi u oba položaja (prema prije opisanom načinu) vrhuni, okrenemo alhidadu za 180°. U koliko se pokaže kakav otklon na mjehu= ru libele, to je on prouzrokovan dvostukim ku= tom otstupanja horizontalne i vertikalne osi od okomitog položaja. (slika 22)



Slika 22.

Pola otklona mjehura popravit ćemo diza= njem ili spuštanjem horizontalne osi u leža= jima (dio 15 na strani 6) čime smo doveli ho= rizontalnu i vertikalnu os u medjusobno okomit položaj, a drugu polovicu popravljamo podnož= nim vijcima, čime smo doveli taj sistem osi u horizontalni, odnosno vertikalni položaj.

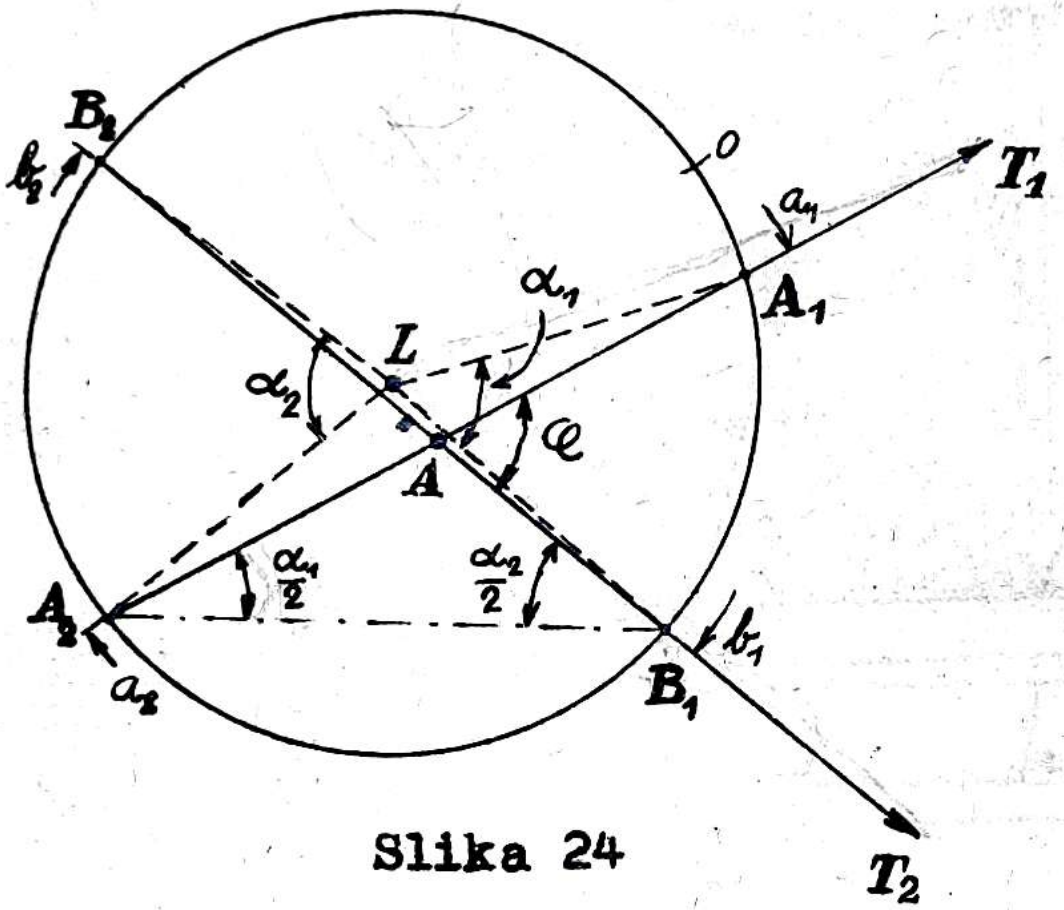


Slika 23

I kod jednog i kod drugog tipa instrumenta vidjeli smo da se kod mjerenja pravaca u dva položaja durbina, koje mi prama položaju vertikalnog kruga nazivamo položaj "krug lijevo" i "krug desno", (slika 23) i uzimanjem aritmetske sredine iz oba očitanja poništava pogrešaka horizontalne i kolimacione osi. Prema tome ćemo kod ovakovog načina mjerenja rektificirarati samo vertikalnu os alhidade.

Medju ostalim uslovima, koje instrument mora zadovoljiti spomenuli smo i taj, da vertikalna os alhidade mora prolaziti centrom limba, tj. centar podjeljenja limba mora biti i centar rotacije alhidade. U koliko ovaj uslov nije ispunjen, velimo da postoji ekscentricitet alhidade.

Da bi uklonili ekscentricitet alhidade nalaze se na njoj, umjesto jednog indeksa za



Slika 24

očitavanje nalaze dva, diametralno oprečno položena. Njima očitavamo limb na dva diametralna mjesta (slika 24).

Neka je:

L = centar podjeljenja limba

A = os alhidade

Instrumentom smo, okretanjem oko alhidade, tj. oko točke A vizirali na točke T_1 i T_2. Na limbu smo indeksima očitali mjesta a_1, a_2, b_1 i b_2. Umjesto kuta izmedju pravaca iz razlike očitanja dobili smo kuteve

i .

$$b_1 - a_1 = \alpha_1$$

$$b_2 - a_2 = \alpha_2$$

U trokutu A B_1 A_2 su kutevi kod B_1 i A_2 obodni kutevi nad istim lukovima, nad kojima su α_1, α_2 centralni kutevi, prama tome su jednaki $\frac{\alpha_1}{2}$, $\frac{\alpha_2}{2}$

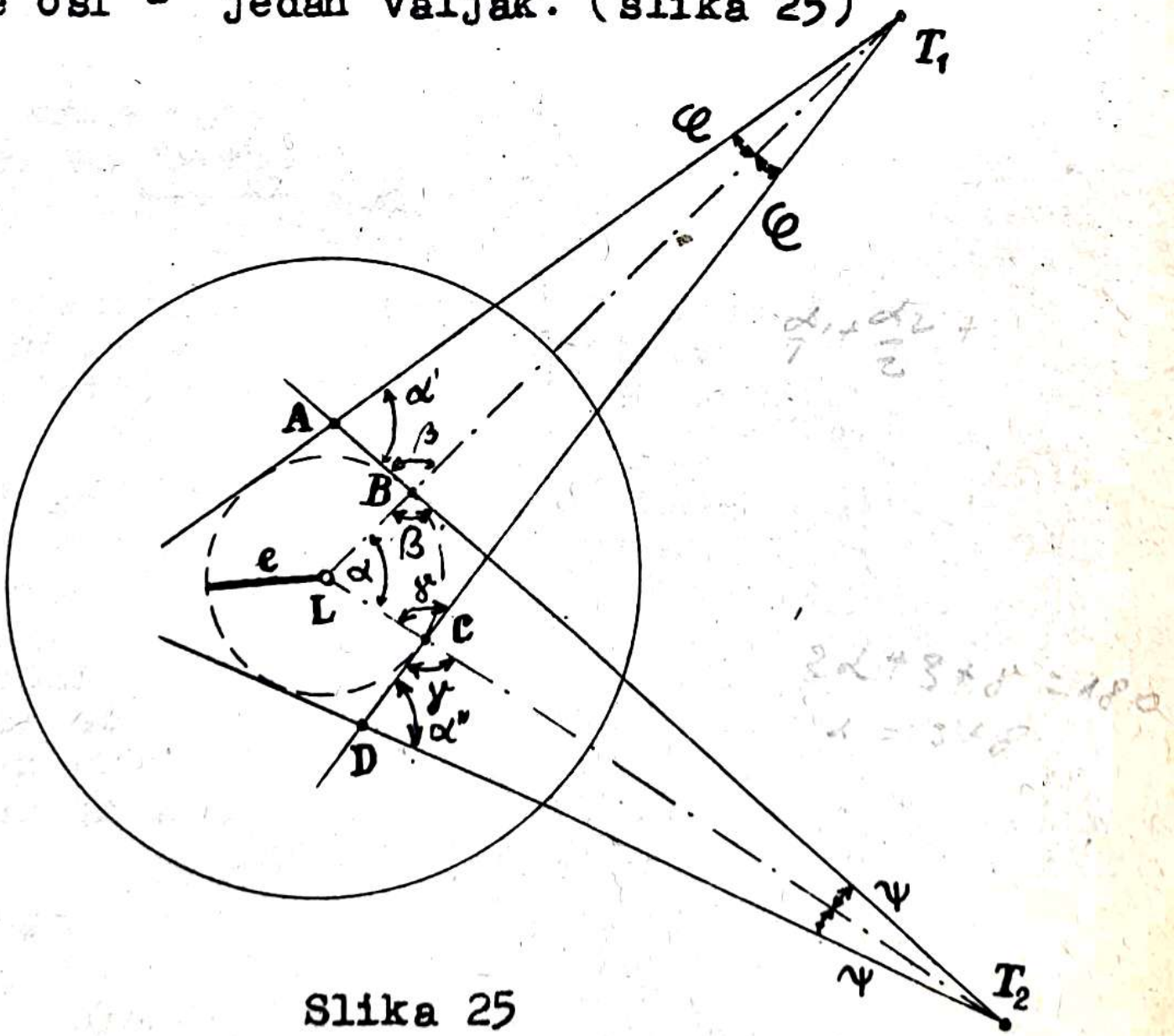
Kut φ je u tom trokutu vanjski kut i

prema tome jednak:

$$\varphi = \frac{\alpha_1}{2} + \frac{\alpha_2}{2}$$

tj. očitavanjem dvaju diametralno oprečnih mjesta limba i uzimanjem aritmetske sredine iz tih očitanja poništava se uticaj ekscentriciteta alhidade.

Kolimaciona os mora prolaziti presjekom vertikalne osi alhidade i horizontalne osi durbina. U koliko ona tim presjekom ne prolazi, nastaje pogreška koju nazivamo ekscentricitet vizurne ravnine. Ako taj ekscentricitet postoji, to vizurna ravnina kod okretanja alhidade opisuje oko osi rotacije - vertikalne osi - jedan valjak. (slika 25)



Slika 25

Iz slike je vidljivo, da će kod ekscentriciteta vizurne ravnine umjesto kuta α biti izmjeren kut α'. Neka je, prama slici

L = centar limba
e = linearni ekscentricitet

U jednom položaju durbina izmjeren je kut α' a u drugom α'' umjesto kuta α.
Iz slike imamo:

iz trokuta A B T_1 $\alpha' + \beta + \varphi = 180^\circ$
L C T_1 $\alpha + \gamma + \varphi = 180^\circ$
C D T_2 $\alpha'' + \gamma + \psi = 180^\circ$
L B T_2 $\alpha + \beta + \psi = 180^\circ$

$$\alpha' + \alpha'' = \beta + \gamma + \varphi + \psi = 2\alpha$$

$$\alpha = \frac{\alpha' + \alpha''}{2}$$

tj. mjerenjem pravaca u dva položaja durbina i uzimanjem aritmetske sredine iz tih rezultata uklanja se uticaj ekscentriciteta vizurne ravnine.

Prema svemu izloženom vidi se, da će se kod mjerenja pravaca u dva položaja poništiti uticaj pogreške kolimacione i horizontalne osite ekscentriciteta vizurne ravnine, a čitanjem na dva diametralno oprečna mjesta na limbu i uticaj ekscentriciteta alhidade, te će kod jednostavnije rektifikacije biti potrebno da se ukloni pogreška vertikalne osovine i da se mjeri kuteve u dva položaja durbina.

Nivelir

$\alpha' + \beta + \gamma = \alpha'' + \delta + \varepsilon$

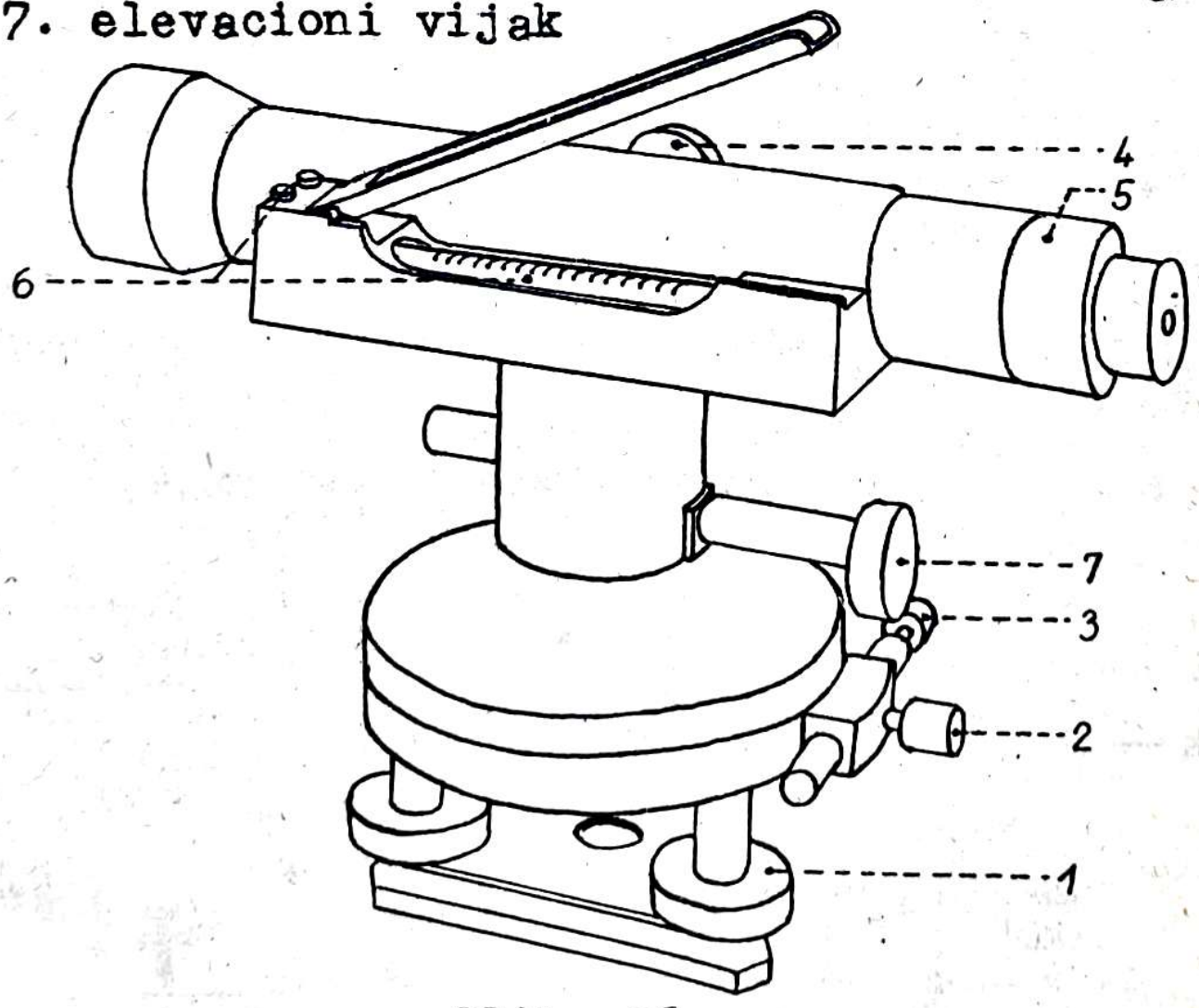
$\alpha' + \alpha'' = -\beta - \gamma + \delta + \varepsilon$

Opis

Nivelacioni instrument - nivelir - je instrument za odredjivanje visinskih razlika pojedinih točaka u terenu pomoću horizontalne vizure.

Glavni sastavni dijelovi nivelira jesu durbin i nivelaciona libela, kojom se durbin postavlja u horizontalan položaj (slika26)

1. podnožni vijci
2. kočnica alhidade
3. vijak za fino pomicanje alhidade
4. vijak za fokusiranje
5. zaštitni prsten za vijke nitnog križa
6. nivelaciona libela sa korekcionim vijcima
7. elevacioni vijak



Slika 26.

Durbin i libela dadu se okretati oko vertikalne osi alhidade.

Prema vezi durbina i libele sa ostalim dijelovima instrumenta razlikujemo nekoliko tipova nivelira.

Prema vezi durbina sa ostalim dijelovima instrumenta postoje:

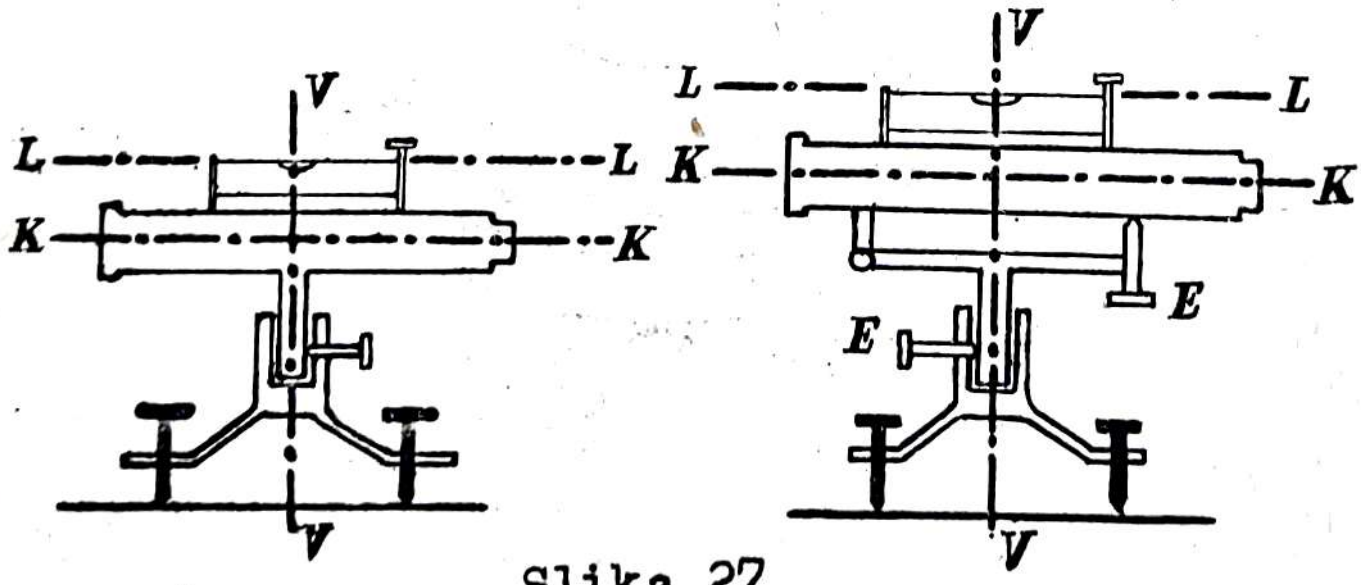
1) niveliri sa čvrstim durbinom
2) niveliri sa durbinom za okretanje u ležajima
3) niveliri sa durbinima za prelaganje

Prema konstrukciji libele razlikujemo:

1) nivelire sa libelom pričvršćenom uz durbin
2) nivelire sa reverzionom libelom pričvršćenom uz durbin za okretanje ili prelaganje
3) nivelire sa jahaćom libelom
4) nivelire sa libelom pričvršćenom za alhidadu

Svi ovi niveliri mogu biti konstruirani tako, da se horizontiranje vizure postiže ili

a) pomoću podnožnih vijaka
b) pomoću posebnog elevacionog vijka (sl.27)



Slika 27

Od svih ovih mogućih kombinacija sastavnih dijelova u praksi najčešće dolaze ovi tipovi nivelira:

1) nivelir sa čvrstom libelom i čvrstim durbinom

2) nivelir sa durbinom za okretanje i na njemu pričvršćenom reverzionom libelom

3) nivelir sa durbinom za prelaganje i jahaćom libelom

Da bi se sa nivelirom moglo odredjivati dobre visinske razlike potrebno je, da on ispunjava neke uvjete i to:

a) da kolimaciona os durbina bude paralelna sa glavnom tangentom na marki nivelacione libele tako da vizura bude horizontalna kada libela vrhuni

b) da kolimaciona os bude okomita na vertikalnu os alhidade

c) da horizontalna nit nitnog križa bude u stvari horizontalna u prostoru.

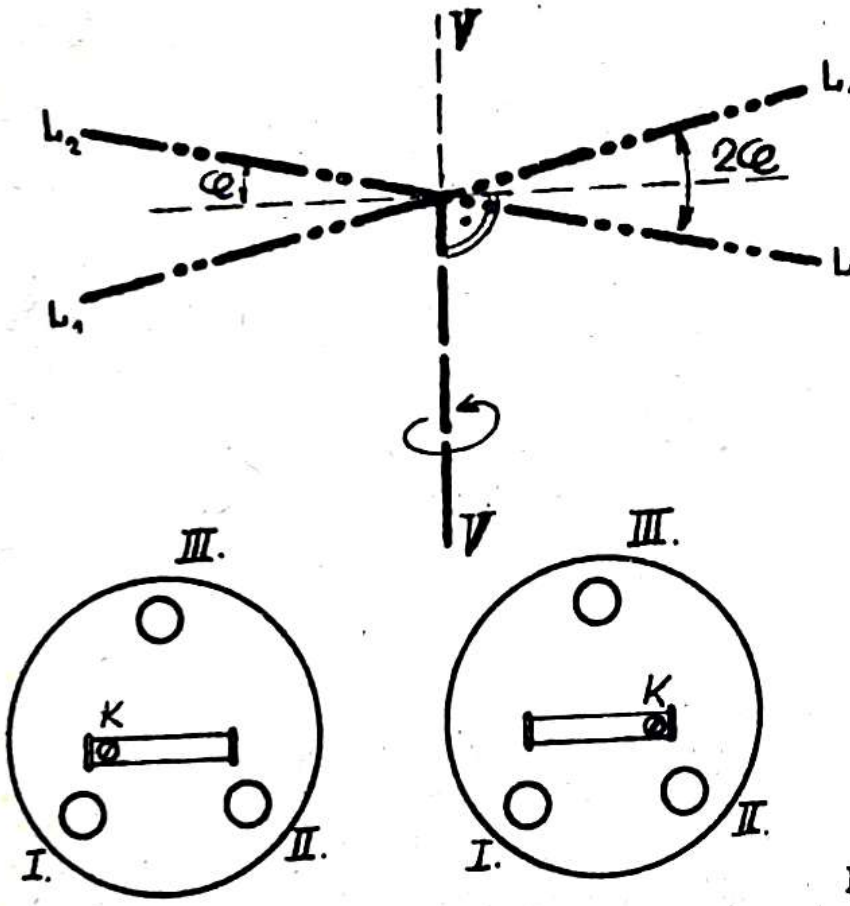
Rektifikacija nivelira sa čvrstim durbinom i čvrstom libelom

Kod ovog tipa nivelira razmotrit ćemo dva tipična slučaja prema tome, da li nivelir ima elevacioni vijak ili ga nema.

Ako taj nivelir nema elevacionog vijka, što je slučaj kod najjednostavnjih instrumenata za potrebe gradjevinske prakse, to ćemo ispitati redom uvjete i to:

1) da vertikalna os alhidade bude okomita na glavnu tangentu na marki libele

U tu ćemo svrhu postaviti nivelacionu libelu okretanjem alhidade u smjer dvaju podnož-



Slika 28

nih vijaka i njima dotjeramo libelu da vrhuni. Poslije toga okrenemo alhidadu za 180° te otklon mjehura libele pretstavlja dvostruki kut nagiba glavne tangente od okomitog položaja prama vertikalnoj osi. (slika 28).

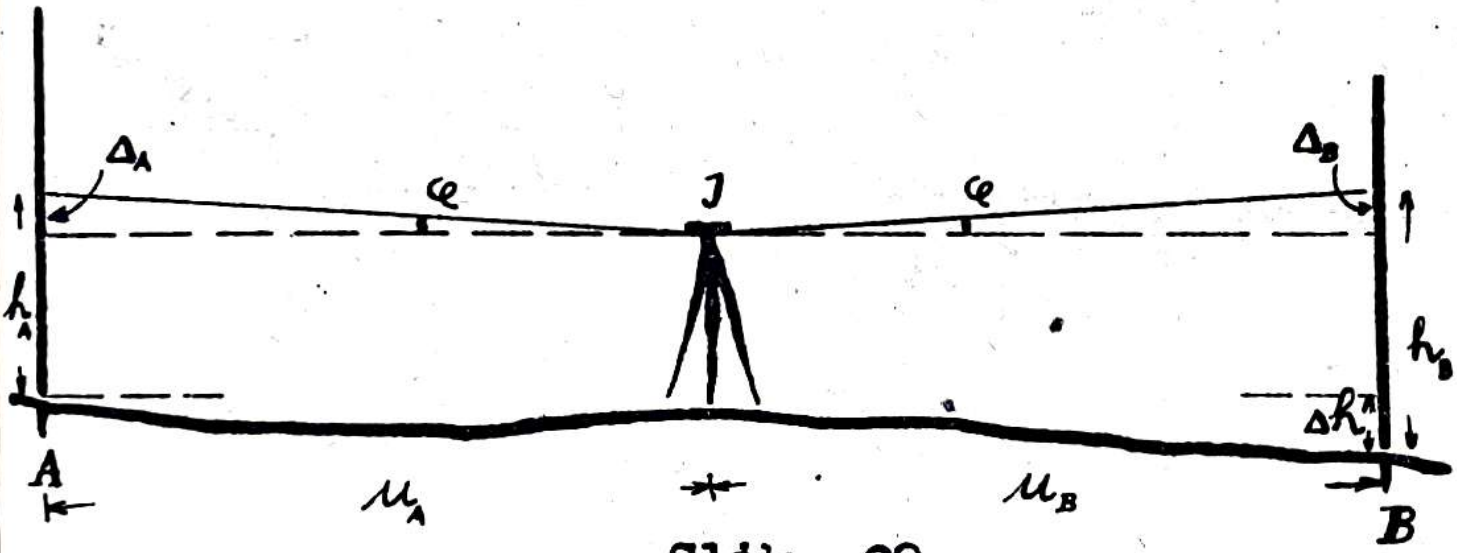
Pola otklona mjehura popravit ćemo korekcionim vijcima libele, čime smo doveli libelu u okomit položaj prama vertikalnoj osi.

Drugu polovinu otklona popravit ćemo podnožnim vijcima, čime smo glavnu tangentu i vertikalnu os doveli u horizontalan, odnosno vertikalan položaj. Postupak nekoliko puta ponovimo, te kada nam libela u oba položaja sigurno vrhuni, okrenemo alhidadu za 90° (u smjer trećeg podnožnog vijka) i trećim podnožnim vijkom uklonimo cijeli eventualni otklon libele.

2) da glavna tangenta na marki libele bude paralelna sa kolimacionom osi.

Ovo svojstvo možemo ispitati ako znamo visinsku razliku izmedju dvije točke na terenu. No i sa nerektificiranim nivelirom možemo odrediti pravu visinsku razliku dvaju terenskih točaka, ako nivelir postavimo točno

u sredinu izmedju točaka, čiju visinsku razliku hoćemo odrediti. U tu svrhu na približno ravnom terenu izabrati ćemo na udaljenosti od 50 do 60 metara dvije točke i na njih zabiti kolce. U vrh kolaca zabit ćemo jedan čavao sa sferičnom glavom. (slika 29)



Slika 29

Točno u sredinu, približno na pravcu tih točaka postavit ćemo nivelacioni instrument, a na točke postavimo nivelacione letve.

Nivelirom načinimo na letvama očitanja

$$h_A \text{ i } h_B$$

Kod svakog očitanja mora libela vrhuniti. U koliko kolimaciona os čini sa glavnom tangentom libele kut φ, to će pogreške

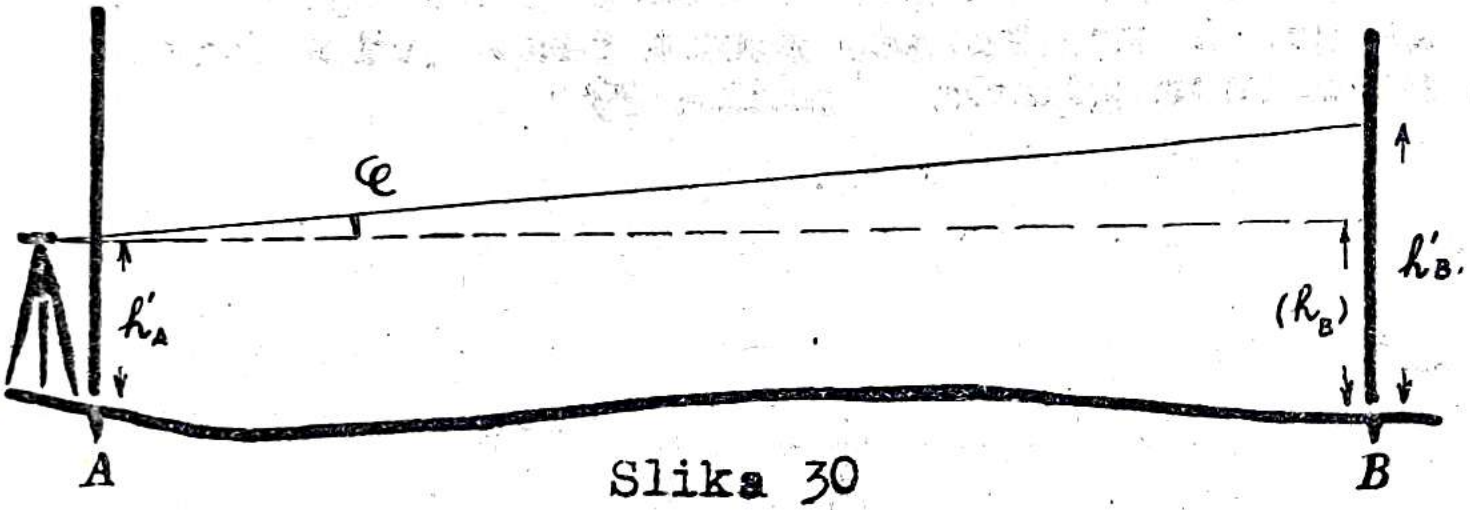
$$\Delta_A \text{ i } \Delta_B$$

na svakoj letvi biti medjusobno jednake, u koliko su duljine u_A i u_B medjusobno jednake.

Prava će visinska razlika točaka A i B biti:

$$\Delta h = h_B - h_A$$

Sada postavimo nivelir sasma blizu jedne počke te očitamo na letvama visine h'_A i h'_B. (slika 30)



Slika 30

Kod očitanja visine na točki A ne će utjecati neparalelnost vizurne osi i glavne tangente libele ako smo instrument postavili dovoljno blizu točke A, jer je kut obično mali. Sva će se pogreška neparaliteta pokazati na letvi B, gdje ćemo dobiti očitanje h'_B dok bi pravo očitanje dobili:

$$(h_B) = h'_A + \Delta h$$

Kada libela vrhuni, znači da je glavna tangenta horizontalna u prostoru, pomaknemo niti ni križ korekcionim vijcima tako, da pogodi očitanje (h_B) čime smo kolimacionu os doveli u paralelitet sa glavnom tangentom libele.

U koliko je razlika očitanja na letvi B: h'_B i pravog očitanja (h_B) veća od 1 - 1,5 cm. to postupak ponovimo, dok ta razlika ne padne ispod 1 mm.

Očitanje u drugom postavu instrumenta na letvu A možemo izvesti direktno, pri čemu moramo postaviti nivelir, prema optičkim svojstvima durbina, na udaljenost 2-3 m. od letve A. Pri tome postoji opasnost da bi kolimaciona os bila, uslijed nepravilnog hoda okularne cijevi

prigodom fokusiranja na blizu letvu pomaknuta. Za to je očitanjem na bližu letvu najbolje izvesti tako, da instrument postavimo neposredno uz samu letvu, te na njoj zabilježimo položaj gornjeg i doljnjeg ruba objektiva, te kao očitanje h_A uzmemo sredinu ova dva ruba. Isto se tako očitanje može dobiti, ako na letvu A gledamo kroz objektiv, te olovkom na letvi zabilježimo sredinu vidnog polja.

3) da horizontalna nit nitnog križa bude u prostoru horizontalna.

Ovo se svojstvo ispituje kod svih instrumenata jednako, tako da se kod horizontiranog instrumenta horizontalnom niti uvizira neku točku na letvi, te se vijkom za fino pomicanje alhidade pokreće durbin u horizontalnom smjeru. Ako horizontalna nit pogadja uvijek istu točku, to je taj uslov ispunjen. U protivnom slučaju moramo nitni križ korekcionim vijcima zaokrenuti u horizontalni položaj. Ovo se svojstvo ispituje uvijek onda, kada prigodom rektifikacije pomičemo nitni križ.

Ako nivelir sa čvrstim durbinom i libelom ima elevacioni vijak to on mora ispuniti iste uvjete kao i predjašnji.

1) Ispitivanje paraleliteta glavne tangente na marki libele i kolimacione osi izvesti ćemo na isti način kao i kod predjašnjeg, tj. nivelacijom iz sredine i sa kraja.

U paralelni položaj dovesti ćemo kolimacionu os i glavnu tangentu libele različito prema konstrukciji instrumenta.

Ako instrument ima korekcione vijke na libeli, a nitni križ ih nema, to ćemo pomoću

elevacionog vijka spustiti durbin na pravo o= čitanje na letvi B: (h_B) i onda korekcionim vijcima libele dotjerati libelu da vrhuni.

Ako instrument ima korekcione vijke na nitnom križu a libela ih nema, to ćemo pomoću korekcionih vijaka nitnog križa natjerati vi= zuru na pravo očitanje.

2) Uspostavljanje okomitosti vertikalne i kolimacione osi vrši se kao i kod prijaš= njeg slučaja u dva položaja prama podnožnim vijcima s tom razlikom, da ćemo eventualni ot= klon mjehura libele popraviti pola sa podnož= nim vijcima, a pola sa elevacionim. Poslije ne= koliko puta ponovljenog postupka, onaj položaj elevacionog vijka, kod kojega je vertikalna os okomita na kolimacionu, nazivamo nul-položaj elevacionog vijka. Ovaj ćemo položaj elevacio= nog vijka na njemu i njegovom ležištu označiti malom crticom.

Rektifikacija nivelira sa durbinom za okretanje

Kod tog tipa nivelira dade se durbin okretati u svojim ležajevima, a uz njega veza= na je reverziona libela.

Ovaj nivelir treba da zadovolji sli= jedeće uvjete:

1) vizurna os treba da je okomita na vertikalnu os,

2) mehanička os rotacije durbina tre= ba da je paralelna ili identična sa vizurnom osi,

3) glavna tangenta libele treba da je paralelna sa vizurnom osi i

4) horizontalna nit nitnog križa tre= ba da je u prostoru horizontalna

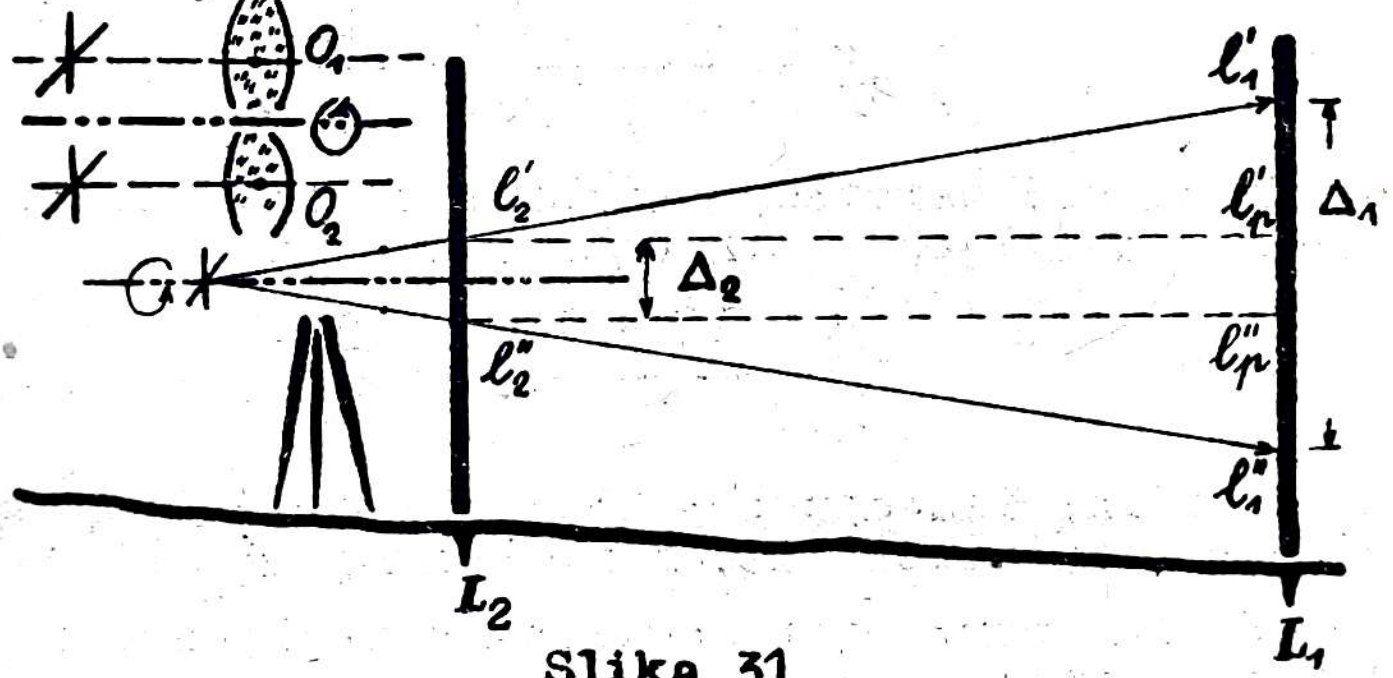
dakle, sve uvjete kao i predjašnji tip

i još uvjet pod 2).

1) Najprije ćemo ispitati, da li postoji paralelitet ili identitet vizurne i mehaničke osi durbina.

Ako optički centar objektiva ne leži u mehaničkoj osi rotacije ne će se moći postići identitet tih dvaju pravaca, nego ćemo uspostaviti njihov paralelitet.

Približno u pravcu postaviti ćemo nivelir i dvije letve, jednu u manjoj udaljenosti (cca 5 m) a jednu u većoj (cca 50 m) (slika 31)



Slika 31

U jednom položaju durbina očitat ćemo horizontalnom niti nitnog križa na jednoj i drugoj letvi očitanja:

$$l'_1 \quad l'_2$$

Oko mehaničke osi okrenemo durbin za 180° i na obje letve načinimo očitanja:

$$l''_1 \quad l''_2$$

U koliko nam se u očitanjema na bližoj letvi L_2 pojavi kakova razlika, to je ona nastala

radi toga, što optički centar ne leži u mehaničkoj osi:

$$\Delta_2 = l_2' - l_2''$$

Eventualna neparalelnost vizurne i mehaničke osi ne će utjecati na očitanja na bližoj letvi.

Paralelitet izmedju ove dvije osi uspostavit ćemo tako, da izračunamo aritmetsku sredinu iz očitanja na daljoj letvi L_1 a pomicanjem nitnog križa dotjeramo horizontalnu nit na očitanje:

$$l_p'' = \frac{l_1' + l_1''}{2} - \frac{\Delta_2}{2}$$

pri čemu kod okretanja durbina u prvi položaj moramo na daljoj letvi dobiti očitanje:

$$l_p' = \frac{l_1' + l_1''}{2} + \frac{\Delta_2}{2}$$

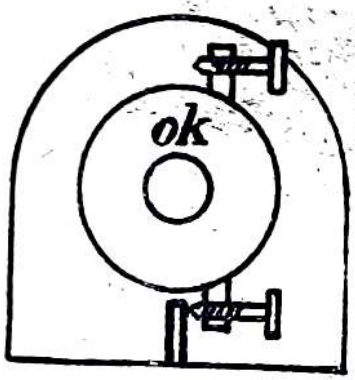
tj. razlika izmedju oba očitanja na daljoj letvi mora biti ista, kao i na bližoj: Δ_2

Ta razlika mora biti neovisna o udaljenosti letve od instrumenta.

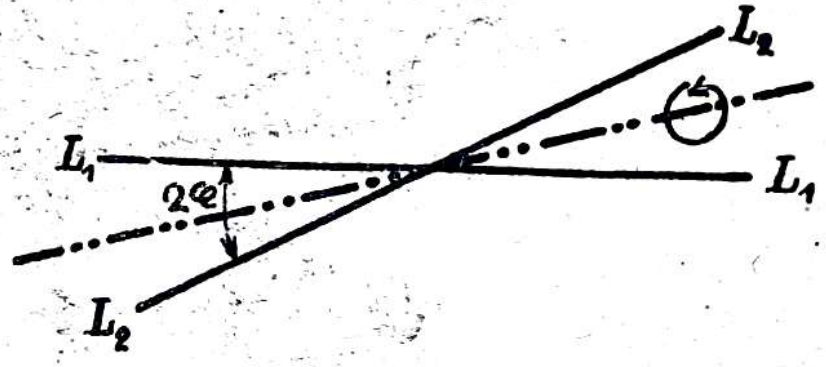
2) Odmah poslije toga, kad već mičemo nitni križ, ispitat ćemo svojstvo, da li je horizontalna nit nitnog križa u prostoru horizontalna, što ćemo učiniti na prije opisani način.

3) Sada ćemo ispitati, da li je vizurna os, ili što je svejedno, mehanička os rotacije, paralelna sa glavnom tangentom libele. U jednom položaju durbina dotjeramo elevacionim vijkom libelu da vrhuni. Okrenemo durbin oko mehaničke osi za 180^0 pri čemu se točno za taj iznos durbin okrene uz pomoć posebnih vijaka -

kočnica u jednom ležaju durbina. (slika 32)



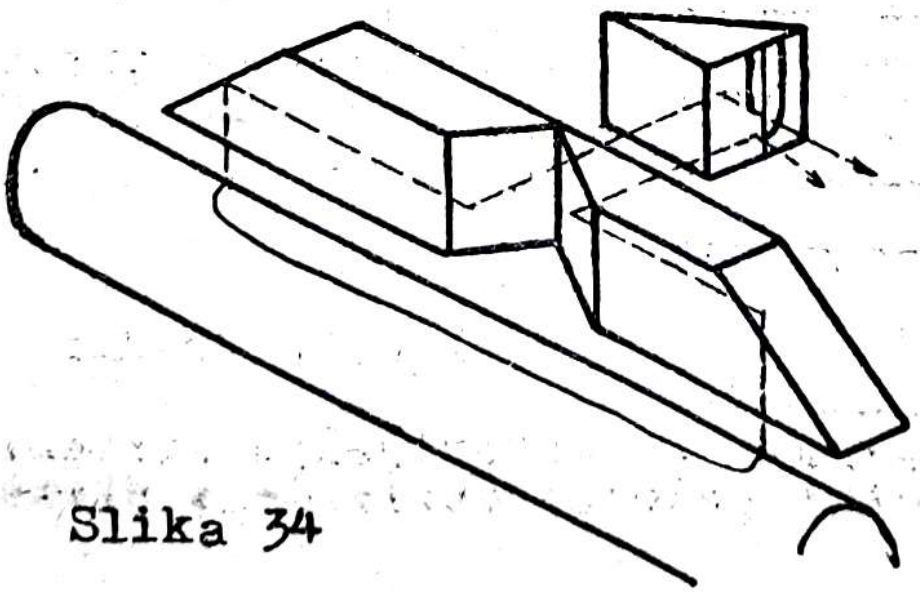
Slika 32



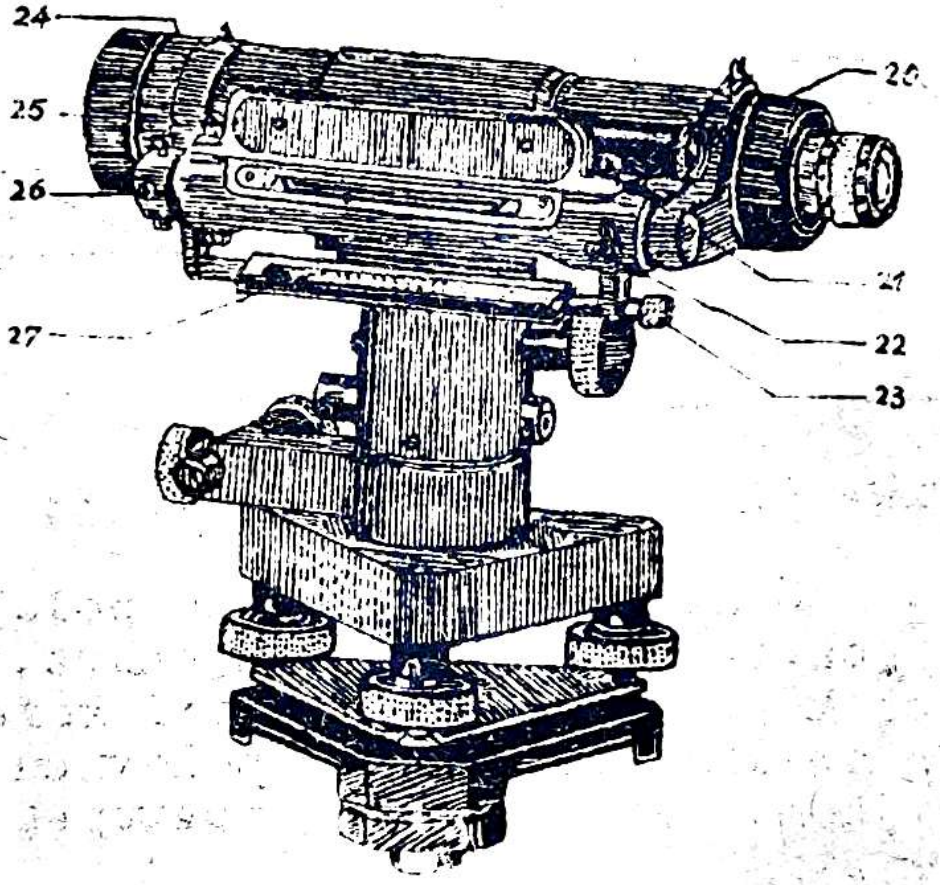
Slika 33

U koliko se u drugom položaju na libeli pokaže kakav otklon mjehura, to ćemo polovicu toga otklona popraviti korekcionim vijcima na libeli, a drugu polovicu elevacionim vijkom.(slika 33) Taj postupak nekoliko puta ponovimo.

Kod nivelira novije konstrukcije, kakav je prikazan na slici na strani 52 za očitavanje libele postoji posebni sistem prizama koji omogućuje da se vrhunjenje libele promatra u posebnom vidnom polju sa strane okulara durbina. (slika 34)

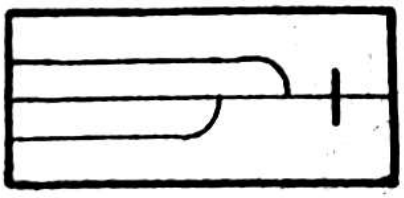


Slika 34

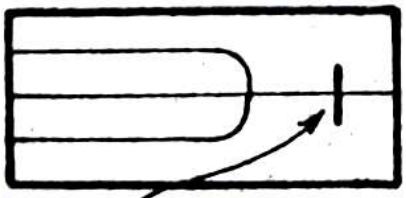


20. okular libele
21, 24. korekcioni vijci za sistem libelinih prizama
26. korekcioni vijci libele
23, 27. ogledalo za osvjetljenje libele

Vidno polje prizama za libelu:



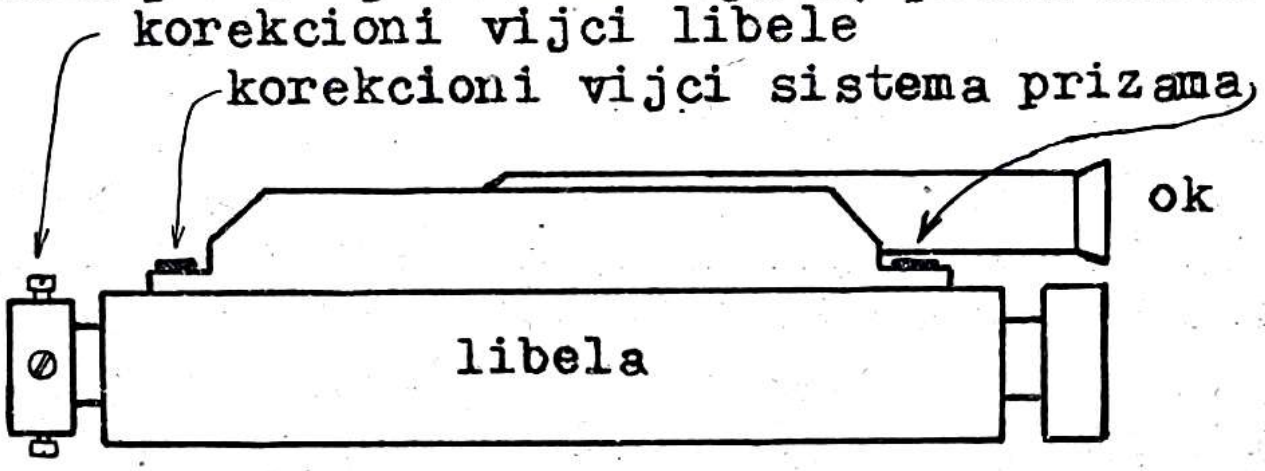
libela ne vrhuni



libela vrhuni

marka za postavljanje sistema prizam u simetrični položaj obzirom na marku libele

Sistem prizama mora biti smješten simetrično obzirom na marku libele. Taj će uvjet biti ispunjen, ako se posebne crtice, koje su urezane na jednom i drugom kraju libele, u vidnom polju libele poklapaju - koincidiraju. Koincidencija se postiže pomicanjem cijelog sistema prizama pomoću posebnih vijaka, prama slici 35.



Slika 35.

Rektifikacija nivelira sa durbinom za prelaganje

Kod ovog se instrumenta durbin dade iz ležajeva vaditi i prelagati, tj. stavljati u ležaje tako, da objektivna strana durbina dolazi na okularnu i obratno.

Obzirom na vezu durbina i libele ovaj nivelir dolazi u nekoliko kombinacija:

1) libela smještena na alhidadi
2) obična ili reverziona libela vezana uz durbin
3) jahaća libela na durbinu.

Svi ovi tipovi mogu biti sa elevacionim vijkom ili bez njega.

Uvjeti, kojima ovaj nivelir mora da udovolji isti su, kao i kod nivelira sa durbi-

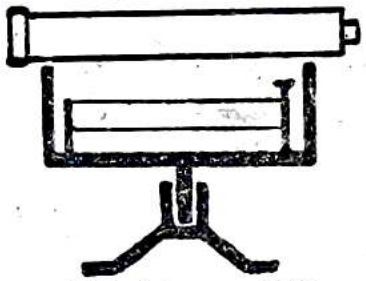
nom za okretanje.

1) Uslov okomitosti vertikalne i kolimacione osi ispituje se kao i kod predjašnjih. Pola otklona libele poslije okretanja za 180° popravit ćemo korekcionim vijcima na libeli, ako nivelir nema elevacionog vijka. Ako postoji elevacioni vijak, to ćemo pola otklona popraviti njime. Drugu polovicu u oba slučaja otklanjamo podnožnim vijcima.

2) Paralelnost ili identičnost mehaničke i vizurne osi uspostavljamo isto kao i kod nivelira sa durbinom za okretanje.

3) Glavni uslov, tj. paralelnost vizurne osi i glavne tangente libele ispituje se različito, prama konstrukciji instrumenta.

a) ako nivelir ima libelu na alhidadi a nema elevacioni vijak (slika 36), to ćemo

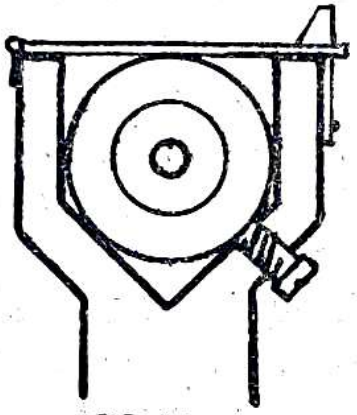


Slika 36

navizirati vertikalno postavljenu letvu na udaljenosti 40-50 m i očitati položaj horizontalne niti nitnog križa. Pri tome mora libela vrhuniti. Izvadit ćemo durbin iz ležajeva, položiti ga u njih okrenutog za 180°, okrenuti alhidadu, navrhuniti opet libelu i na letvi očitati drugo očitanje.

U koliko se ta dva očitanja medjusobno je slažu, to vizurna os nije paralelna sa glavnom tangentom libele. Paralelitet ćemo postići, a=

ko posebnim vijkom koji kod tih instrumenata postoji na jednom ležaju durbina dotjeramo, da nam horizontalna nit nitnog križa pogodi aritmetsku sredinu prvog i drugog očitanja. (slika 37)



Slika 37.

Ako ovakov nivelir ima libelu na alhidadi i elevacioni vijak, to ćemo neparalelnost vizurne osi i glavne tangente libele ustanoviti kao i kod predjašnjeg prelaganjem durbina, te ćemo elevacionim vijkom dotjerati vizuru na očitanje aritmetske sredine, a korekcionim vijkom libele nju dotjerati da vrhuni.

Poslije toga ćemo uspostaviti okomitost vizurne i vertikalne osi određivanjem nulpoložaja elevacionog vijka na ranije opisani način.

Kod nivelira ovog tipa sa libelom vezanom uz durbin, ako ona nije reverziona, postoji redovito elevacioni vijak. Poslije ustanovljene paralelnosti ili identičnosti vizurne i mehaničke osi ustanovit ćemo paralelitet vizurne osi i glavne tangente libele na taj način, što ćemo u jednom položaju durbina elevacionim vijkom dotjerati libelu da vrhuni. Poslije toga preložit ćemo durbin i eventualni otklon popravit ćemo korekcionim vijcima na libeli (jednu polovicu) i elevacionim vijkom (drugu polovicu). Ovaj se uvjet dakle može ispitati bez nivelacione letve.

Okomitost vizurne i vertikalne osi u=

stanovljujemo odredjivanjem nulpoložaja elevacionog vijka.

Ako instrument ovog tipa ima uz durbin vezanu reverzionu libelu a nema elevacionog vijka, to ćemo neparalelnost vizurne osi i glavne tangente libele ustanoviti na taj način, što ćemo u jednom položaju durbina dotjerati podnožnim vijcima libelu da vrhuni. Durbin zatim okrenemo oko njegove mehaničke osi za 180° i eventualni otklon mjehura popravimo korekcionim vijcima (jednu polovicu) i podnožnim vijcima (drugu polovicu) . Okomitost vizurne i vertikalne osi ustanovit ćemo na uobičajeni način, okretanjem alhidade za 180°, a dotjerat ćemo te dvije osi u okomiti položaj dizanjem durbina i libele u jednom ležaju vijkom, prikazanim na slici 37.

Nivelir ovog tipa sa reverzionom libelom vezanom uz durbin, a ako ima elevacioni vijak ispituje se i rektificira na isti način kao i onaj sa durbinom za okretanje i reverzionom libelom.

Nivelir ovog tipa sa jahaćom libelom bez elevacionog vijka rektificira se tako, da se poslije ustanovljavanja paraleliteta ili identiteta mehaničke i vizurne osi ispituje glavni uvjet, paralelitet vizurne osi i glavne tangente libele.

Libelu ćemo okretanjem alhidade postaviti u smjer dvaju podnožnih vijaka, i njima dotjerati libelu da vrhuni. Izvadit ćemo libelu i položiti ju na durbin okrenutu za 180°. Eventualni otklon mjehura popravit ćemo podnožnim vijcima (prvu polovicu) i korekcionim vijcima na libeli (drugu polovicu).

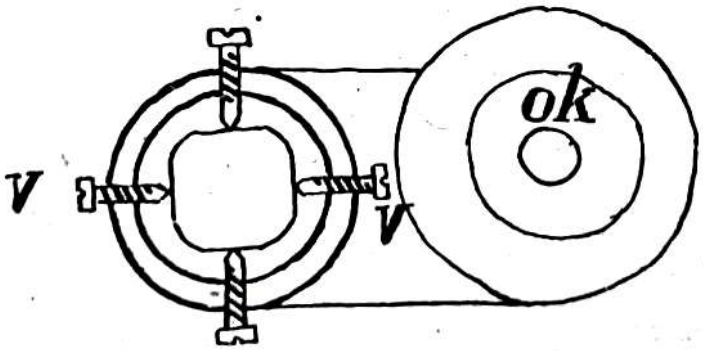
Ako ovaj tip nivelira imade jahaću libelu i elevacioni vijak, to se glavno svoj-

stvo, tj. paralelitet vizurne osi i glavne tangente libele vrši kao i kod predjašnjeg s tom razlikom, da se kod postava libele u drugi položaj prva polovica otklona mjehura popravlja elevacionim vijkom, umjesto podnožnim vijcima. Okomitost vizurne i vertikalne osi ustanovljuje se odredjivanjem nul-položaja elevacionog vijka.

Općenite napomene

Kod svih nivelira koji imaju libelu vezanu uz durbin za okretanje ili jahaću libelu treba prije rektifikacije ukloniti eventualno križanje mjehura, tj. otklon glavne tangente libele od vertikalne ravnine položene kroz kolimacionu os. Ustanovit ćemo tu pogrešku tako, da kod libele koja vrhuni okrećemo durbin za male iznose, a kod jahaće libele da ju od pravog položaja malo naginjemo lijevo-desno po durbinu (kako je to opisano kod teodolita sa jahaćom libelom).

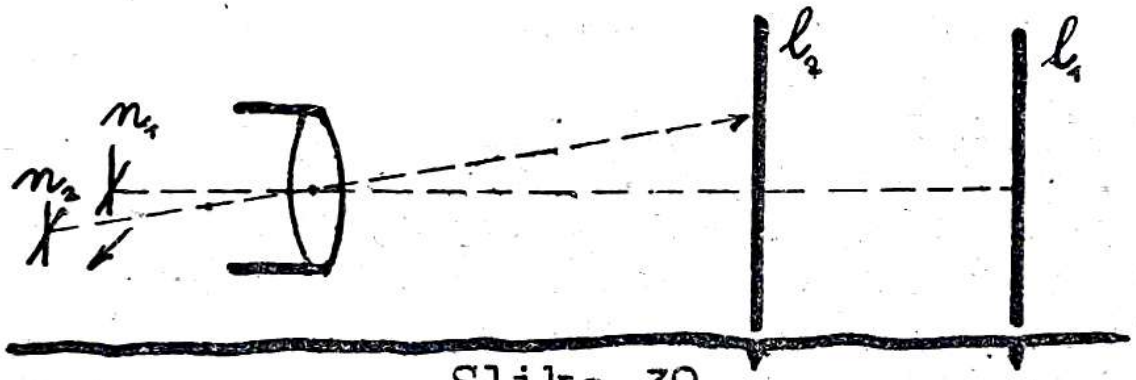
U koliko se kod takovog postupka ustanovi, da libela uvijek ne vrhuni, to ćemo križanje mjehura otkloniti horizontalnim korekcionim vijcima na libeli *V* (slika 38)



Slika 38

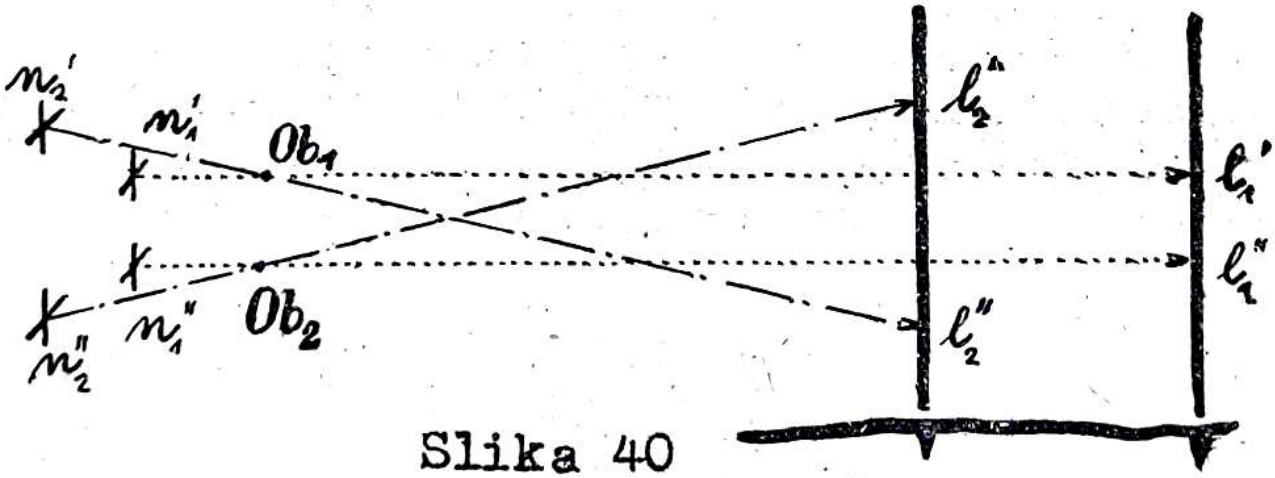
Kod nivelira koji su odredjeni za

precizni nivelman treba ispitati eventualno pomicanje vizure uslijed fokusiranja durbina. Radi uvlačenja i izvlačenja okularne cijevi sa nitnim križem (ili pomicanja bikonkavne leće kod durbina sa unutarnjim fokusiranjem) kod bliže ili dalje letve može se dogoditi, da se nitni križ ne pomiče uzduž prvobitne vizure, nego da od nje odstupa. (slika 39)



Slika 39

Time će biti poremećen paralelitet vizurne osi i glavne tangente libele. Kod durbina za okretanje ova će se pogreška poništiti očitavanjem letve u dva položaja i uzimanjem aritmetske sredine ovih očitanja, što je vidljivo iz slike 40



Slika 40

Dalje je kod nivelira naročito važno da se pažljivo ukloni tzv. paralaksa nitnog križa. Ona nastaje, ako nitni križ i slika predmeta - letve ne leže u istoj ravnini. Očituje se u tome da se nitni križ pomiče po sli-

ci letve pri pomicanju oka ispred okulara dur=
bina.

Paralaksu nitnog križa uklonit ćemo ta=
ko, da mičemo okularnu cijev durbina dotle, dok
nam nitni križ ne stoji potpuno mirno na sli=
ci letve pri pomicanju oka ispred okulara. A=
ko sada nitni križ nije dovoljno oštar, to će=
mo malim pomicanjem okularne leće dotjerati da
se i on oštro vidi.